

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов
Направление подготовки: 15.03.02 Технологические машины и оборудование
Профиль: Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов
Кафедра теоретической и прикладной механики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

| Тема работы |
|--|
| Система поддержания пластового давления |
| УДК 622.276.652:622.807.4(571.16) |

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|---------------------------|---------|------|
| 4Е21 | Антонов Евгений Андреевич | | |

Руководитель

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--------------------------------|----------------|---------------------------|---------|------|
| Старший преподаватель каф. ТПМ | Щедриный К. В. | - | | |

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--|-----------------|---------------------------|---------|------|
| Старший преподаватель каф. менеджмента | Гаврикова Н. А. | - | | |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--------------------|---------------|---------------------------|---------|------|
| Ассистент каф. ЭБЖ | Невский Е. С. | - | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Зав. кафедрой | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------|--------------|---------------------------|---------|------|
| ТПМ | Пашков Е. Н. | Кандидат технич. наук | | |

Томск – 2016г.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|---|------|
| | | | | | <i>КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16)</i> | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 1 |

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Природных ресурсов
Направление подготовки: 15.03.02 Технологические машины и оборудование
Профиль: Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов
Кафедра теоретической и прикладной механики

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) _____ (Дата) Пашков Е.Н.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|-----------------------------|
| 4Е21 | Антонову Евгению Андреевичу |

Тема работы:

Система поддержания пластового давления

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Скважинная среда: Нефть

Требуемое давление на забое: 50 Мпа

Дебит скважины: 50 м³/сут.

Обводненность: 80 %

Газосодержание: 46,5 %

Режим работы: Непрерывный

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|---|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 2 |

| | |
|--|--|
| <p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p> | <p>Наименование объекта исследования:</p> <p>Виды ППД Состав Назначение Способы, повышающие эффективность Подбор ЦНС для добычи скважинного сырья</p> |
| <p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p> | <p>Сборочный чертеж ЦНС-180 1185, Схема БКНС, Схема заводнений</p> |
| <p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p> | |
| Раздел | Консультант |
| Социальная ответственность | Ассистент кафедры ЭБЖ Невский Е. С. |
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | Старший преподаватель кафедры менеджмента Гаврикова Н. А. |
| <p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p> | |
| --- | |

| | |
|--|--|
| Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику | |
|--|--|

Задание выдал руководитель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--------------------------------|----------------|------------------------|---------|------|
| Старший преподаватель каф. ТПМ | Щедривый К. В. | - | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|---------------------------|---------|------|
| 4Е21 | Антонов Евгений Андреевич | | |

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов
Направление подготовки: 15.03.02 Технологические машины и оборудование
Профиль: Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов
Уровень образования: Бакалавриат
Кафедра теоретической и прикладной механики
Период выполнения: (весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

| | |
|--|---------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 09.06.2016 г. |
|--|---------------|

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования) | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|---|------------------------------------|
| 25.05.16 | Теоретическая часть работы | 50 |
| 1.06.16 | Выполнение расчетной части работы | 40 |
| 7.06.16 | Устранение недочетов в работе | 10 |

Составил преподаватель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--------------------------------|----------------|------------------------|---------|------|
| Старший преподаватель каф. ТПМ | Щедривый К. В. | - | | |

СОГЛАСОВАНО:

| Зав. кафедрой | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------|-------------|------------------------|---------|------|
| ТПМ | Пашков Е.Н. | к.т.н. | | |

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|---|------|
| | | | | | <i>КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16)</i> | Лист |
| | | | | | | 4 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

Планируемые результаты обучения по ООП

| Код результата | Результат обучения (выпускник должен быть готов) | Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон |
|-----------------------------------|--|---|
| Общекультурные компетенции | | |
| P1 | Способность применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук для обеспечения полноценной инженерной деятельности | Требования ФГОС (ОК-1; ОК- 9; ОК-10)1, Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI |
| P2 | Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий | Требования ФГОС (ОК-7; ОК- 11; ОК -13; ОК-14, ОК-15), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.2, п. 5.2.8 , п. 5.2.10), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI |
| P3 | Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования, уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки. | Требования ФГОС (ОК -5; ОК -6; ОК -8), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.16), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI |
| P4 | Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, уметь проявлять личную ответственность | Требования ФГОС (ОК-4; ПК- 9; ПК-10), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.11), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI |
| P5 | Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на нефтегазовых производствах | Требования ФГОС (ОК-2; ОК- 3; ОК-5; ПК-5), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.12; п. 5.2.14, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI |
| P6 | Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на предприятиях машиностроительного, нефтегазового комплекса | Требования ФГОС (ОК-14; ОК-15; ОК-16), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.13), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI |

| Код результата | Результат обучения (выпускник должен быть готов) | Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон |
|------------------------------|--|---|
| Профессиональные компетенции | | |
| P7 | Умение использовать методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности с целью моделирования объектов и технологических процессов в нефтегазовой отрасли, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования машиностроительной продукции | Требования ФГОС (ПК-7; ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1; п. 5.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI |
| P8 | Умение обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроительного производства, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий, их узлов, деталей и конструкций | Требования ФГОС (ПК-1; ПК- 3; ПК-26) , Критерий 5 АИОР (п. 5.2.5; п. 5.2.7; п. 5.2.15), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI |
| P9 | Способность осваивать вводимое новое оборудование, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического оборудования, в случае необходимости обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на производственных участках предприятия | Требования ФГОС (ПК-2; ПК- 4; ПК-16), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.7, п. 5.2.8), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI |
| P10 | Умение проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов, применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий | Требования ФГОС (ПК-18), Критерий 5 АИОР (п.5.2.4, п. 5.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI |
| P11 | Умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий нефтегазового производства | Требования ФГОС (ПК-6; ПК- 12; ПК-14; ПК-15; ПК-24), Критерий 5 АИОР (п.5.2.3; п. 5.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI |
| P12 | Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские работы и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования. | Требования ФГОС (ПК-21; ПК- 22; ПК-23), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1; п. 5.2.9), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI |

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|---------------------------|
| 4E21 | Антонов Евгений Андреевич |

| Институт | ИПР | Кафедра | ТПМ |
|---------------------|----------|---------------------------|--|
| Уровень образования | бакалавр | Направление/специальность | 15.03.02 Технологические машины и оборудование |

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

| | |
|--|---|
| 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих | Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах |
| 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов | |
| 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования | |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|--|---|
| 1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения | SWOT-анализ проекта |
| 2. Планирование и формирование бюджета научно-исследовательских работ | Бюджет научно – технического исследования 1. Расчет материальных затрат НИИ 2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ 3. Основная заработная плата исполнителей темы 4. Отчисления на социальные нужды 5. Накладные расходы 6. Формирование бюджета затрат научно – исследовательского проекта |

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

| |
|-------------------------------------|
| 1. Матрица SWOT |
| 2. Календарный график проведения НИ |
| 3. Смета затрат на выполнение НИ |

| | |
|--|--|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | |
|--|--|

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------------------|---------------|------------------------|---------|------|
| Старший преподаватель | Н.А.Гаврикова | - | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|---------------------------|---------|------|
| 4E21 | Антонов Евгений Андреевич | | |

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|-----------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист 7 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|-----------------------------|
| 4Е21 | Антонову Евгению Андреевичу |

| Институт | ИПР | Кафедра | ТПИМ |
|---------------------|-------------|---------------------------|--|
| Уровень образования | бакалавриат | Направление/специальность | 15.03.02 Технологические машины и оборудование |

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

| | |
|--|--|
| <p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) | <p>Согласно ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ можно выделить следующие <u>вредные факторы</u> производственной среды при работ по вибродиагностике центробежного насоса:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Повышенный уровень шума на рабочем месте; - Повышенный уровень вибрации; <p>К <u>опасным факторам</u> относятся следующие:</p> <ul style="list-style-type: none"> - пожароопасность; - наличие вращающихся механизмов. <p><u>Негативным воздействием</u> на окружающую среду может являться загрязнение грунтовых вод вследствие нарушения технологии эксплуатации насосного агрегата;</p> <p>К <u>чрезвычайным ситуациям</u> возникновения пожара вследствие взаимодействия рабочего агента (газа) с кислородом воздуха; короткое замыкание</p> |
| <p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p> | <p>ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация</p> <p>ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования</p> <p>ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования</p> <p>ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Общие требования</p> |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|--|---|
| <p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) | <p>В зависимости от длительного и интенсивного воздействия шума происходит большее или меньшее снижение чувствительности органов слуха, выражающееся временным смещением порога слышимости, которое исчезает после окончания воздействия шума, а при большой длительности и (или) интенсивности шума происходят необратимые потери слуха (тугоухость), характеризующиеся постоянным изменением порога слышимости.</p> <p>Повышенный шум влияет на нервную и сердечно-сосудистую системы, репродуктивную функцию человека, вызывает раздражение, нарушение сна, утомление, агрессивность, способствует психическим заболеваниям.</p> |
|--|---|

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|-----------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист 8 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

| | |
|--|---|
| | <p>По ГОСТ 12.1.003-83 допустимый уровень шума составляет 80 дБ. Однако при работе центробежного насоса уровень шума может достигать 120 дБ.</p> <p>Предлагаемые средства защиты:</p> <ul style="list-style-type: none"> - согласно ГОСТ 12.1.029-80 внутреннюю часть стен корпуса ЦНС, можно покрыть шумопоглощающей изоляцией. Также возможно применение звукоизолирующего кожуха; - в качестве средств индивидуальной защиты по ГОСТ 12.1.029-80 персонал необходимо снабдить противошумными наушниками, закрывающими ушную раковину снаружи, либо противошумными вкладышами, перекрывающими наружный слуховой проход и прилегающие к нему. |
| <p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) | <p>В ЦНС основным рабочим органом является ротор, частота вращения которого достигает 6000 об/мин. На роторе имеются секции, которые состоят из рабочего колеса и направляющего аппарата. При несвоевременном обслуживании агрегата возможен износ лопаток, повреждение агрегата и травмирование человека. В качестве средств защиты необходимо использовать защитные экраны по ГОСТ 12.2.062-81.</p> <p>Маслосистема представлена совокупностью трубопроводов, окутывающих ЦНС. Контакт с системой при работающей установке может привести к ожогам различной степени, в зависимости от времени контакта и температуры. В качестве средства защиты необходимо использовать термостойкие перчатки.</p> <p>Причиной пожара может стать утечка газа, который используется в качестве рабочего вещества в ЦНС. В качестве меры профилактики должны использоваться системы контроля загазованности.</p> |
| <p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. | <p><u>Защита селитебной зоны</u> При строительстве ЦНС, в которых в качестве привода используются асинхронные двигатели, учитываются нормы санитарно-защитной зоны согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03;</p> <p><u>Воздействие на атмосферу</u> ЦНС использует в качестве рабочего вещества жидкость или природный газ, который представляет собой смесь продуктов сгорания с избыточным горением</p> <p><u>Воздействие на гидросферу</u> Единственным возможным воздействием может являться разлив отработанного масла ЦНС в случае несоблюдения правил замены масла и его транспортировки.</p> <p><u>Воздействие на литосферу</u> Работа ЦНС подразумевает осуществление регулярного технического обслуживания. Замена отработавших материалов и узлов приводит к образованию твердых отходов</p> |

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 9 |

| | |
|---|--|
| | <p>производства (металлолом черный и цветной, фторопласт, прочий бытовой и технический мусор). Для утилизации бытовых отходов применяются полигоны твердых бытовых отходов.</p> <p><u>Решения по обеспечению экологической безопасности:</u></p> <p>- При выполнении работ по наливу, сливу, зачистке транспортных средств и хранилищ следует соблюдать инструкции и правила техники безопасности, производственной санитарии и пожарной безопасности, разработанные для каждого предприятия с учетом специфики производства.</p> <p>Работающие с нефтью и нефтепродуктами должны быть обучены безопасности труда в соответствии с ГОСТ 12.0.004..</p> |
| <p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> - перечень возможных ЧС на объекте; - выбор наиболее типичной ЧС; - разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; - разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; - разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий | <p>Возможные ЧС на объекте:</p> <ul style="list-style-type: none"> - аварийная остановка при превышении частоты вращения ротора; - аварийная остановка при превышении температуры в рабочей камере; - нарушение рабочего режима маслосистемы; - аварийная остановка при превышении уровня вибрации; - появление открытого огня; - перегрузка электроприборов. <p>Наиболее типичной ЧС является аварийная остановка при превышении уровня вибрации.</p> <p>Для предотвращения аварийных остановок при превышении уровня вибрации рабочее место снабжено средствами измерения и контроля, имеет защитные блокировки, обеспечивающие отключение агрегата при нарушении рабочего режима.</p> <p>Для повышения устойчивости объекта к данной ЧС необходимо выполнение регламентированных мер по подготовке и включению защитных блокировок. .</p> |
| <p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны | <p>Правила безопасного ведения работ регламентируются ПБ 12-368-00 "Правила безопасности в газовом хозяйстве", который разработан в соответствии с "Положением о Федеральном горном и промышленном надзоре России" и учитывают требования Федерального закона "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" от 21.07.97 N 116-ФЗ, а также других действующих нормативных документов.</p> <p>Допуск к работе имеют лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование в установленном порядке и не имеющие противопоказаний к выполнению данного вида работ, обученные безопасным методам и приемам работы, применению средств индивидуальной защиты, правилам и приемам оказания первой медицинской помощи пострадавшим и прошедшие проверку знаний в установленном порядке.</p> |

| | |
|--|--|
| | <p><i>Первичное обучение рабочих безопасным методам и приемам труда; руководителей и специалистов, лиц, ответственных за безопасную эксплуатацию газового хозяйства и ведение технического надзора, а также лиц, допускаемых к выполнению газоопасных работ, должно проводиться в организациях (учебных центрах), имеющих соответствующую лицензию.</i></p> <p><i>Основным органом государственного надзора и контроля за состоянием охраны труда является Федеральная служба по труду и занятости</i></p> |
|--|--|

Перечень графического материала:

| | |
|--|--|
| При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров) | |
|--|--|

| | |
|---|---------------|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | 18.03.2016 г. |
|---|---------------|

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------------------|--------------|------------------------|---------|------|
| Ассистент кафедры ЭБЖ | Невский Е.С. | | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|---------------------------|---------|------|
| 4Е21 | Антонов Евгений Андреевич | | |

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 100 с., 22 рис., 16 табл., 18 источников

Ключевые слова: Система поддержания пластового давления, Методы ППД, эффективность ППД, оборудование ППД, центробежный насос, БКНС.

Объектом исследования является система ППД при добычи нефти.

Цель работы – Рассмотрение методов поддержания пластового давления (ППД). Способов, повышающих эффективность ППД. Подбор оборудования применительно к Западно-Катыльгинскому нефтяному месторождению

В процессе исследования проводились литературный обзор системы и методов поддержания пластового давления, патентный поиск системы ППД и оборудования, рассмотрение способов, повышающих эффективность ППД.

В результате исследования были изучены методы ППД, рассмотрены принципиальные технологические схемы БКНС, произведен сравнительный анализ центробежных насосов отечественного и зарубежного производства, подобран центробежный насос по данным нефтяной скважины Западно-Катыльгинского месторождения. Выполнен сборочный чертеж ЦНС-180 1185, технологическая схема БКНС, схема заводнений.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики:

Скважинная среда: Нефть; Давление на забое: 50 МПа;

Дебит скважины: 50 м³/сут; Режим работы: Непрерывный;

Обводненность: 80%; Газосодержание: 46,5%;

Степень внедрения: Выпускная квалификационная работа выполнена на основе разрабатываемого Западно-Катыльгинского нефтяного месторождения.

Область применения: Нефтяные месторождения разрабатываемые при помощи системы ППД

Экономическая эффективность/значимость работы: Предложены мероприятия по повышению эффективности ППД применительно к Западно-Катыльгинскому месторождению. Анализ эффективности может быть проведен по результатам внедрения унификации выпускаемого технологического оборудования, модернизации оборудования, внедрения технологии закачки плунжерными насосами, фильтрации технологических жидкостей на входе в БКНС.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 12 |

Оглавление

Введение

1. Общие сведения о системе ППД. Анализ применимости.

1.1. Общие сведения

1.2. Методы ППД

1.3. Принципиальная схема системы ППД

2. Анализ технических решений и конструкций

2.1. Центробежные насосы для перекачки воды отечественного производства

2.2. Центробежные насосы для перекачки воды зарубежного производства

3. Вывод о лучшем техническом решении

4. Способы, повышающие эффективность ППД

5. Расчетная часть

5.1. Расчет проточного канала рабочего колеса

5.2. Расчет вала центробежного насоса

5.3. Расчет на прочность и жесткость винтовых пружин

5.4. Силовой расчет торцового уплотнения

5.5. Расчет утечек в торцовом уплотнении

6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

7. Социальная ответственность

Список литературы

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 13 |

Введение

Западно-Катыльгинское нефтяное месторождение открыто в 1986 г., разрабатывается с 1988 г. Расположено месторождение в районе города Стрежевого, Томской Области.

В данный момент времени оно разрабатывается с применением системы поддержания пластового давления. Это послужило причиной ежегодного увеличения фонда нагнетательных скважин для закачки воды в пласт, роста объема работ по освоению и увеличению приемистости данных скважин.

Подготовка и последующая закачка технологических жидкостей в пласт для поддержания пластового давления и максимального повышения нефтеизвлечения, формируют значимую ветвь в нефтегазовой промышленности. Требуется отметить, что объемы закачки технологических жидкостей во много раз превышают объемы добычи нефти. Обозначенная сфера нефтегазодобычи имеет уникально высокими резервами не только по повышению нефтеизвлечения, но и, с точки зрения энергосбережения, процесса закачки технологических жидкостей в пласт и отбора пластовой жидкости.

Целью моей выпускной квалификационной работы является рассмотрение методов ППД. Способов, повышающих эффективность ППД, применительно к Западно-Катыльгинскому нефтяному месторождению скважин. Подбор центробежного насоса исходя из данных Западно-Катыльгинского нефтяного месторождения.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 14 |

1. Общие сведения о системе ППД. Анализ применяемости.

1.1. Общие сведения

Поддержание пластового давления — процесс естественного или искусственного сохранения давления в продуктивных пластах нефтяных залежей на начальной или запроектированной величине с целью достижения высоких темпов добычи нефти и увеличения степени её извлечения. Поддержание пластового давления при разработке нефтяной залежи могут осуществлять за счёт естественного активного водонапорного или упруговодонапорного режима, искусственного водонапорного режима, создаваемого в результате нагнетания воды в пласты-коллекторы при законтурном или приконтурном, а также при внутриконтурном заводнении. В зависимости от геологических условий и экономических показателей разработки выбирают тот или иной способ поддержания пластового давления или их комбинацию.

Поддержание пластового давления способом внутриконтурного заводнения является наиболее эффективным и экономичным, особенно для больших по площади нефтяных залежей. Его создают путём блокового, ступенчатого осевого, барьерного (для нефтегазовых залежей) площадного, очагового или избирательного способов заводнения. При поддержании пластового давления в нефтяной части залежи через нагнетательные скважины закачивают воду или водогазовую смесь без добавок или с различными добавками, способствующими улучшению её вытесняющих свойств. Если нефтяная залежь имеет ярко выраженный свод, то в него для поддержания пластового давления нагнетают газ или воздух, вследствие чего создаётся напор искусственной газовой шапки.

При расчёте процессов нагнетания определяют схему размещения нагнетательных скважин, суммарный объём закачки, приёмистость нагнетательных скважин, их число и давление нагнетания. Подбирается такая схема расположения нагнетательных скважин, которая обеспечивает

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 15 |

наиболее эффективную связь между зонами нагнетания и отбора и равномерное вытеснение нефти водой. При площадном заводнении в зависимости от геологического строения нефтяной залежи и стадии её разработки для поддержания пластового давления применяют рядное, 4-точечное, 7-точечное и другое расположение нагнетательных и добывающих скважин.

В размещении скважин по правильной геометрической сетке могут допускаться отклонения, если площадное заводнение проводят дополнительно к ранее внедрённой системе заводнения с учётом её эффективности, геологического строения и состояния разработки пластов-коллекторов. Суммарный объём закачиваемого агента зависит от запроектированного отбора жидкости из залежи, от давления на линии нагнетания и большей частью от коллекторских и упругих свойств пластов. Число нагнетательных скважин при известном объёме закачки зависит от поглотительной способности каждой скважины при данной величине давления нагнетания. Поглотительная способность нагнетательных скважин определяется коэффициентом приёмистости, так же как производительность нефтяной скважины — коэффициентом продуктивности. Максимальное давление нагнетания зависит от типа имеющегося насосного оборудования. Число нагнетательных скважин для каждой залежи нефти определяется отношением заданного объёма закачки воды в сутки к поглотительной способности одной скважины. Об эффективности процесса заводнения судят по увеличению текущей добычи нефти из действующих скважин. Применение поддержания пластового давления резко увеличило темпы отбора нефти, сократило сроки разработки нефтяных залежей, обеспечило высокие конечные коэффициенты нефтеотдачи.

1.2. Методы ППД

Заводнение — способ воздействия на пласт при разработке нефтяных месторождений, при котором поддержание и восстановление пластового давления и баланса энергии осуществляются закачкой воды. Обеспечивает высокие темпы добычи нефти и, в благоприятных условиях, сравнительно высокую степень извлечения нефти (до 70%). В качестве рабочего агента используются воды поверхностных водоёмов (реки, моря, озёра), глубинных водоносных горизонтов, пластовые, а также растворы поверхностно-активных веществ, полимеров, двуокиси углерода и щелочей, обладающие повышенными нефтewытесняющими свойствами.

[Исходя из информации с источника – 1]

Для предотвращения выпадения солей, химического и микробиологического заражения недр, закачиваемые воды подвергаются соответствующей обработке. Заводнение — наиболее интенсивный и экономически эффективный способ воздействия на нефтяной пласт. Позволяет значительно уменьшить число нефтяных скважин и резко повысить их дебиты, снизить затраты на 1 т. добываемой нефти. С его помощью в СССР, в начале 80-х гг., добыто свыше 90% нефти. Система заводнения включает водозаборные сооружения, ёмкости, очистные установки и агрегаты, насосные станции, водо-разводящие сети и нагнетательные скважины (посредством последних осуществляется закачка воды в нефтяной пласт).

[Исходя из информации с источника – 1]

В зависимости от расположения нагнетательных скважин, по отношению к залежи нефти, различают:

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 17 |

а) *Законтурное заводнение*, при котором нагнетательные скважины располагаются за пределами нефтеносной части продуктивного пласта (по периметру залежи);

б) *Приконтурное заводнение* — нагнетательные скважины бурятся в водонефтяной зоне пласта между внутренним и внешним контурами нефтеносности;

в) *Внутриконтурное заводнение* — вода закачивается непосредственно в нефтенасыщенную часть пласта.

На многих месторождениях применяют сочетания описанных разновидностей заводнения. В СССР ежегодно при заводнении закачивается в скважины около 1,5 млрд. м³ воды.

[Исходя из информации с источника – 4]

Законтурное заводнение — способ разработки нефтяных месторождений, при котором поддержание или восстановление баланса пластовой энергии осуществляется закачкой воды в нагнетательные скважины, располагаемые за внешним контуром нефтеносности (по периметру залежи). Расположение нагнетательных скважин, относительно последнего, определяется крутизной залегания и выдержанностью продуктивного пласта. Расстояниями между нагнетательных скважинами в линии нагнетания, между внешними и внутренними контурами нефтеносности и между внешним контуром нефтеносности и первым рядом добывающих скважин; соотношением вязкостей нефти и воды. Кроме того, необходимо обеспечивать относительно равномерное продвижение воды к центру залежи, с целью уменьшения возможности прорыва нагнетаемой воды на отдельных участках залежи. Наиболее эффективно применение законтурного заводнения на относительно небольших месторождениях, пласты которых сложены однородными породами с хорошей проницаемостью, не осложнены нарушениями и содержат маловязкую нефть.

| Положительные стороны | Отрицательные стороны |
|--|--|
| При хорошей гидродинамической связи нефтеносного пласта с областью размещения нагнетательных скважин; | Повышенный расход энергии (дополнительные затраты мощностей насосных установок) на извлечение нефти, так как нагнетаемой воде приходится преодолевать фильтрационное сопротивление зоны пласта между контуром нефтеносности и линией нагнетательных скважин; |
| При сравнительно малых размерах залежи нефти, когда отношение площади залежи к периметру контура нефтеносности составляет 1,5 — 1,75 км; | Замедленное воздействие на залежь из-за удаленности линии нагнетания; |
| При однородном пласте с хорошими коллекторскими свойствами, как по толщине пласта, так и по площади. | Повышенный расход воды вследствие ее оттока во внешнюю область пласта за пределы линии нагнетания. |

Приконтурное заводнение. Ускорения воздействия на залежь можно достигнуть размещением нагнетательных скважин в непосредственной близости от контура нефтеносности или даже между внешним и внутренним контурами нефтеносности. *Приконтурное заводнение* применяется:

- при ухудшенной гидродинамической связи пласта с внешней областью;
- при сравнительно малых размерах залежи;
- для интенсификации процесса эксплуатации, так как фильтрационные сопротивления между линиями нагнетания и отбора уменьшаются за счет их сближения;

Однако вероятность образования языков обводнения и прорыва воды к отдельным скважинам эксплуатационных рядов увеличивается. С этим связаны некоторые возможные потери нефти вследствие образования целиков между нагнетательными скважинами. Нефть из этих целиков может быть вытеснена только при очень тщательном регулировании процесса выработки, включая бурение дополнительных скважин. С энергетической точки зрения приконтурное заводнение более экономично, хотя при хорошей гидропроводности внешней области потери нагнетаемой воды неизбежны.

Внутриконтурное заводнение — способ разработки нефтяных месторождений, при котором поддержание или восстановление баланса пластовой энергии осуществляется закачкой воды непосредственно в нефтенасыщенную часть нефтяного (продуктивного) пласта. Различают несколько разновидностей внутриконтурного заводнения: разрезание залежи линиями нагнетательных скважин на полосы, кольца, создание центрального разрезающего ряда с несколькими поперечными рядами и в сочетании с **приконтурным заводнением**. Выбор схемы расположения нагнетательных скважин определяется конкретными геологическими условиями, экономически целесообразными сроками выработки запасов и величиной необходимых капвложений. Как правило, линии нагнетательных скважин располагают в зонах пласта с улучшенными **коллекторскими свойствами** и перпендикулярно к доминирующему простираанию линз и проницаемых песчаников, что позволяет устранить или уменьшить блокировку нагнетаемой воды и повысить охват пласта воздействием.

С энергетической точки зрения использование внутриконтурного заводнения более эффективно, чем законтурного и приконтурного, так как почти вся нагнетаемая вода используется, в этом случае, для вытеснения нефти по обе стороны разрезающего ряда. При внутриконтурном заводнении скважины разрезающих рядов эксплуатируются на нефти «через одну» для формирования фронта вытеснения,

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| | | | | | | 20 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

т. е. полосы водонасыщенной части пласта. Перечисленные системы заводнения, как правило, применяются на больших оконтуренных месторождениях с установленными границами и достаточно достоверными данными о характеристиках пласта.

Блочное заводнение целесообразно на больших неоконтуренных месторождениях, когда по данным разведочных скважин очевидна промышленная нефтеносность в районе их расположения. В этом случае до окончательной разведки месторождения и определения контуров нефтеносности возможен ускоренный ввод объекта в эксплуатацию путем разрезания рядами нагнетательных скважин месторождения на отдельные блоки с самостоятельными сетками эксплуатационных скважин. Тогда внутри каждого блока бурят добывающие скважины в виде рядов, число и плотность которых на площади блока определяют гидродинамическими и технико-экономическими расчетами. При окончательной разведке и оконтуривании месторождения блоки, введенные в эксплуатацию раньше, технологически вписываются в общую схему разработки и составляют с ней органически целое.

Очаговое заводнение используют в сочетании с любой другой системой заводнения для улучшения охвата пласта вытеснением, а также для выработки запасов из отдельных линз или участков пласта (застойных зон), на которые не распространяются влияние закачки от ближайших нагнетательных рядов. Как правило, при очаговом заводнении используют под нагнетание одну из добывающих скважин, расположенную рационально по отношению к окружающим добывающим скважинам и в зоне пласта с повышенной проницаемостью. Однако для очагового заводнения возможно бурение специальной скважины или даже группы скважин для увеличения охвата воздействием большего объема нефтенасыщенной части пласта или его слабопроницаемых зон.

При достаточно детальной геологической изученности объекта разработки очаговое заводнение может применяться и как самостоятельное

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| | | | | | | 21 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

на всех этапах разработки и доработки месторождения и в известном смысле является средством регулирования процесса вытеснения.

Избирательную систему заводнения применяют, как и очаговую, при выработке запасов нефти из сильно неоднородных прерывистых как по простиранию, так и по толщине коллекторов. При этой системе, точки бурения нагнетательных скважин определяют с учетом детального изучения геологических условий распространения продуктивного пласта, его связей с забоями ближайших добывающих скважин и таким образом, чтобы обеспечить максимально возможную интенсивность вытеснения нефти водой и свести до минимума влияние неоднородности и линзовидности пласта на полноту выработки и конечный коэффициент нефтеотдачи. Вследствие этого нагнетательные скважины оказываются расположенными на площади хаотично, отражая естественную неоднородность коллектора. Это осложняет систему водоснабжения нагнетательных скважин. На первых этапах разработки, когда геологическая информация ограничена или просто недостаточна, эта система не может быть применена. Она эффективна лишь на последующих этапах, когда выявляются детали строения пласта и результаты влияния на скважины закачки основной системы заводнения.

Площадное заводнение — наиболее интенсивная система воздействия на пласт, обеспечивающая самые высокие темпы разработки месторождений. Добывающие и нагнетательные скважины при этой системе располагаются правильными геометрическими блоками в виде пяти-, семи- или девяти-точечных сеток, в которых нагнетательные и добывающие скважины чередуются (рис. 1). При разбуривании площади по таким равномерным сеткам скважин оказывается, что при пятиточечной схеме на каждую нагнетательную скважину приходится одна добывающая, при семиточечной схеме две добывающие, а при девятиточечной три добывающие скважины. Учитывая, что нагнетательные скважины не дают продукцию, становится очевидным, что девятиточечная схема экономически выгоднее, однако интенсивность воздействия на залежь при этом меньше и вероятность

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 22 |

существования целиков нефти при прорыве воды в добывающие скважины больше. Исторически сложилось так, что площадное заводнение использовали на последних стадиях разработки как вторичные методы добычи нефти. Однако система площадного заводнения имеет самостоятельное значение, может эффективно использоваться на ранних этапах разработки при хорошей изученности пласта.

В заключение необходимо заметить, что перечисленные схемы размещения скважин могут применяться не только при закачке воды, но и при закачке газа или при проталкивании газом или водой различных растворителей в виде оторочек. Однако масштабы применения других методов воздействия, по сравнению с закачкой воды, настолько малы, что приходится говорить главным образом о размещении скважин при заводнении.

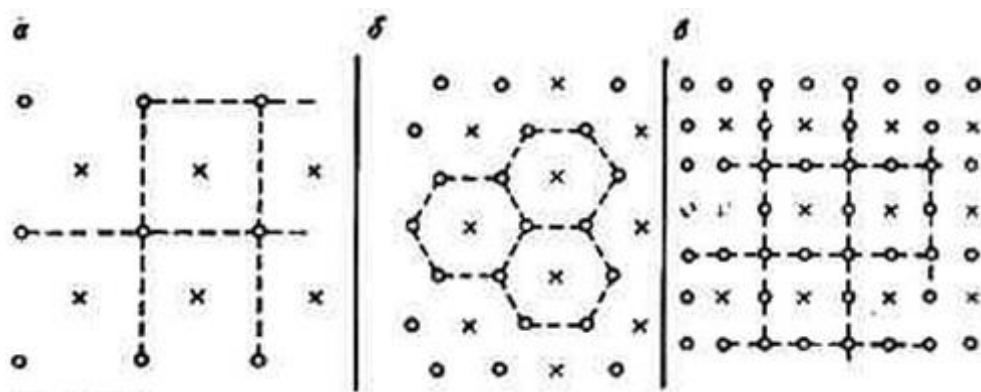


Рис. 1. Схема замещения скважин при площадном заводнении
 а – 5-точечная система; б – 7-точечная система; в – 9-точечная система.
 Пунктиром выделены симметричные элементы

1.3. Принципиальная схема системы ППД:

Система ППД представляет собой комплекс технологического оборудования необходимый для подготовки, транспортировки, закачки рабочего агента в пласт нефтяного месторождения с целью поддержания пластового давления и достижения максимальных показателей отбора нефти из пласта.

Система ППД должна обеспечивать:

- необходимые объемы закачки воды в пласт и давления ее нагнетания по скважинам, объектам разработки и месторождению в целом в соответствии с проектными документами;
- подготовку закачиваемой воды до кондиций (по составу, физико-химическим свойствам, содержанию мех.примесей, кислорода, микроорганизмов), удовлетворяющих требованиям проектных документов;
- проведение контроля качества вод системы ППД, замеров приемистости скважин, учета закачки воды, как по каждой скважине, так и по группам, пластам и объектам разработки и месторождению в целом;
- герметичность и надежность эксплуатации системы промысловых водоводов, применение замкнутого цикла водоподготовки и заводнения пластов с использованием сточных вод;
- возможность изменения режимов закачки воды в скважины, проведения обработки призабойных зон (ОПЗ) нагнетательных скважин, с целью повышения приемистости пластов, охвата пластов воздействием заводнения, регулирование процесса вытеснения нефти к забоям добывающих скважин.

Система ППД включает в себя следующие технологические узлы (см. рис.2):

- систему нагнетательных скважин;
- систему трубопроводов и распределительных блоков (ВРБ);
- станции по закачке агента (БКНС), а также оборудование для подготовки агента для закачки в пласт;

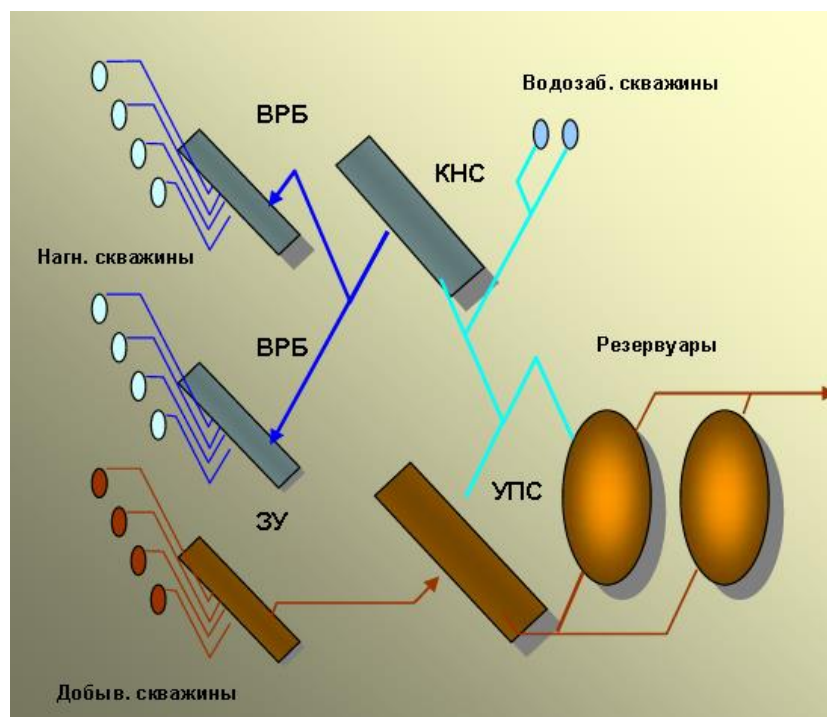


Рис. 2. Технологические узлы системы ППД

2. Анализ технических решений и конструкций

2.1. Центробежные насосы для перекачки воды отечественного производства

В настоящее время все большее применение для перекачки воды получают центробежные насосы. Они используются в сельском хозяйстве, промышленности и для бытовых нужд. Наиболее оправдано их применение там, где необходимы работы с большими объемами жидкости. В этих насосах жидкость при входе в рабочее колесо движется в осевом направлении, а затем в самом колесе в радиальном, причем от центра колеса к периферии.

При вращении рабочего колеса с постоянной угловой скоростью жидкость непрерывно движется по каналам колеса, образованным его лопастями. Лопасти колеса, образующие стенки канала, сообщают протекающей жидкости давление и значительную скорость. По выходе жидкости из колеса, ее скорость при постепенном переходе в корпусе насоса от меньших сечений к большим уменьшается до нормальных для напорного трубопровода размеров и преобразуется в дополнительный напор, увеличивая тем самым первоначальное давление, созданное колесом. Рабочее колесо, представляющее собой одну отливку из металла, состоит из двух дисков: одного – с втулкой для насадки на вал и другого – в форме широкого кольца. Между дисками расположены лопатки, образующие каналы колеса. Принципиальная схема центробежного насоса представлена рисунком 3.

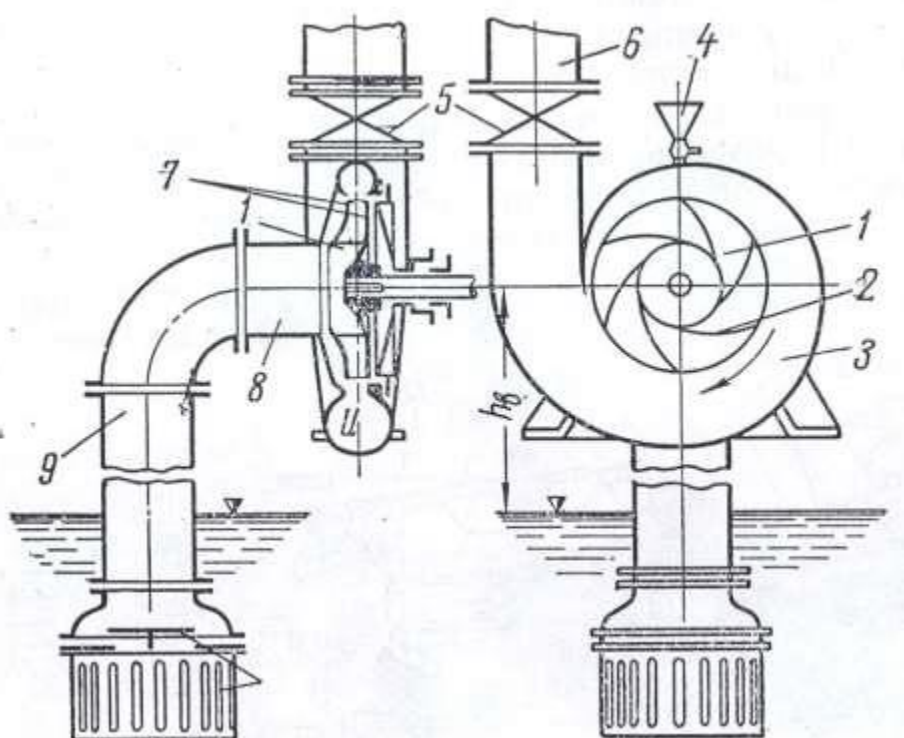


Рис. 3. – Центробежный насос

1 – рабочее колесо; 2 – лопасть; 3 – спиральный отвод (улитка); 4 – воронка для заливки насоса; 5 – задвижка; 6 – напорный трубопровод; 8 – входной патрубок; 9 – всасывающая труба; 10 – приемный клапан с сеткой

Корпус, окружающий колесо, часто имеет форму улитки, которая собирает вытекающую из колеса воду и отводит ее в напорный трубопровод.

Насос такой конструкции называется консольным, так как рабочее колесо расположено на свешивающейся части вала – консоли. Общий вид консольного насоса показан на рисунке 4, а основные детали его приведены на рисунке 5.

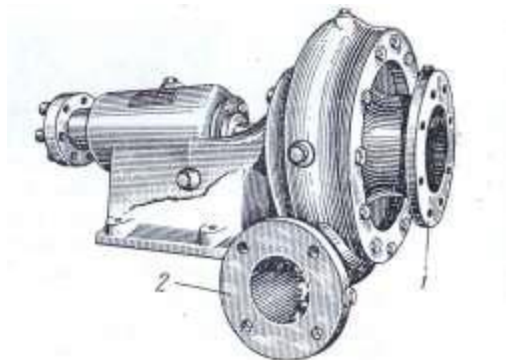


Рис. 4 – Общий вид консольного насоса
1 и 2 – всасывающий и нагнетательный патрубки

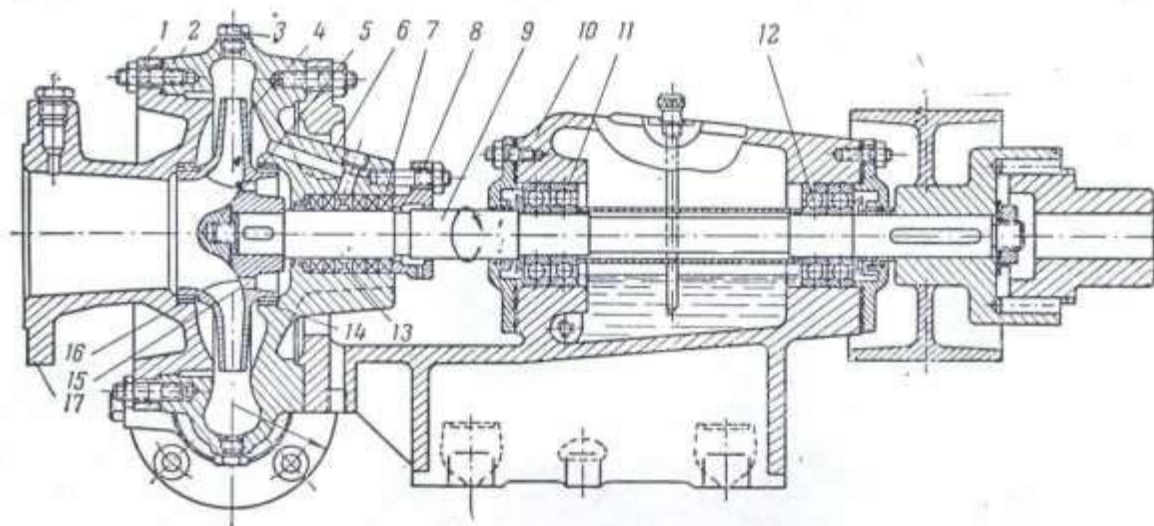


Рис. 5 – Разрез консольного насоса:
1 – крышка с всасывающим (выходным) патрубком; 2 – корпус; 3 – пробка, закрывающая место присоединения всасывающей трубы вакуум-насоса; 4 – рабочее колесо; 5 – гайка; 6 – корпус сальника; 7 – хлопчатобумажная набивка; 8 – крышка сальника; 9 – вал; 10 – опорная стойка; 11 и 12 – опоры вала – шарикоподшипники; 13 – кольцо гидравлического уплотнения; 14 и 15 – защитноуплотняющие кольца; 16 – разгрузочное отверстие; 17 – входной (всасывающий) патрубок.

Следует запомнить, что центробежный насос при его пуске должен быть заполнен жидкостью. Консольные одноступенчатые насосы в горизонтальном исполнении широко распространены в промышленности, на транспорте и в сельском хозяйстве.

Они предназначены для подачи воды и других чистых жидкостей с температурой до 105 градусов по Цельсию. Эти насосы имеют вертикальный разъем корпуса, поэтому при их разборке (демонтаже), в действующей установке, надо отсоединить всасывающий трубопровод от насоса.

Это неудобно в эксплуатации, так как при последующей сборке насоса и присоединении трубопровода, приходится обеспечивать плотность стыка, в противном случае может произойти срыв вакуума при работе насоса, что повлечет за собой прекращение подачи.

Насосы марки Д изготавливаются для увеличения подачи и имеют колеса с двухсторонним входом жидкости. Каждая половина такого колеса представляет собой зеркальное изображение другой. На рисунке 6 изображен такой насос с откинутой крышкой и приподнятым ротором, а на рисунке 7 приведен чертеж насоса в разрезе.

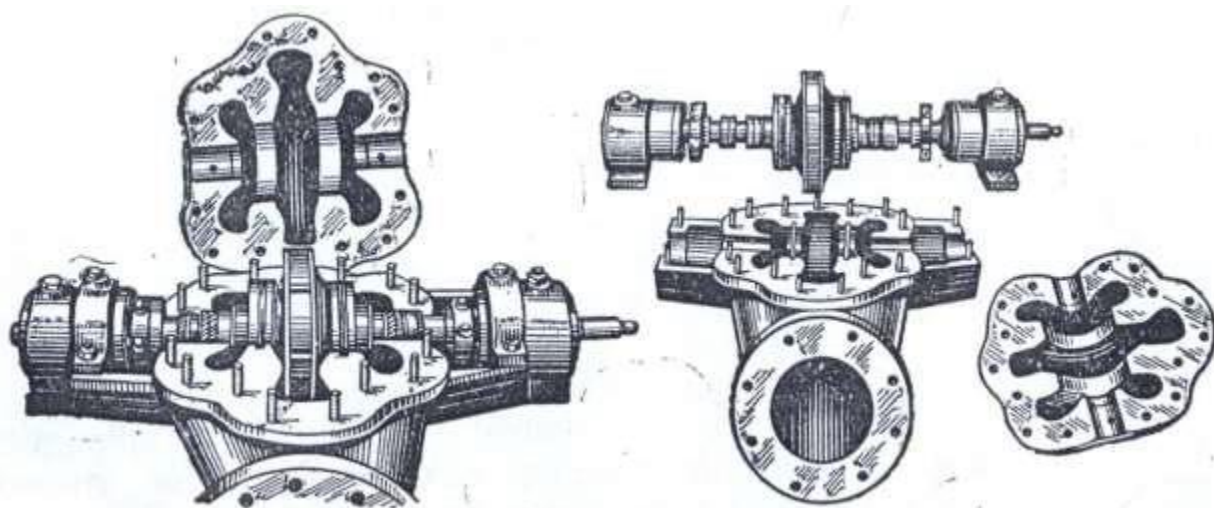


Рис. 6 – Насос типа Д со снятой крышкой

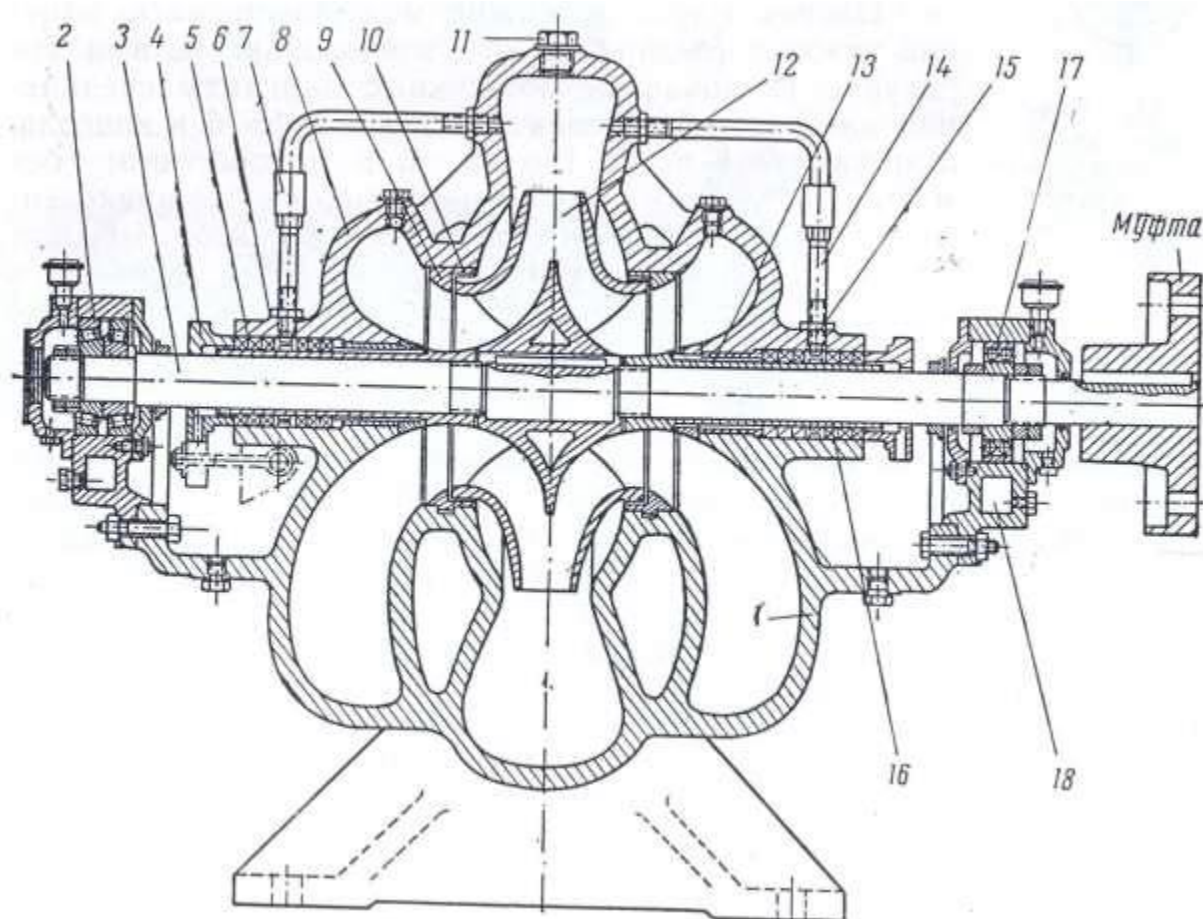


Рис. 7 – Разрез насоса типа Д

1 – корпус; 2, 17 – шариковые подшипники; 3 – стальной вал; 4 – крышка; 5 – набивка; 6 – кольцо гидравлического уплотнения; 7 – трубка; 8 – крышка корпуса; 9, 10 – защитно-уплотняющие кольца; 11 – пробка; 12 – рабочее колесо; 13 – грундбукса; 14 – трубка; 15 – отверстие в крышке; 16 – защитные втулки;

18 – камера для подвода охлаждающей воды

Производительность этих насосов колеблется от 110 до 640 л/сек, при напоре от 11 до 140м водного столба и температуре воды до 105 градусов по Цельсию.

Двухсторонние насосы широко применяются в сельском хозяйстве для водоснабжения, орошения и осушения, а также и в других отраслях народного хозяйства, на насосных станциях первого и второго подъема городского и промышленного водоснабжения, в частности, на станциях первого подъема в системе ППД.

Преимущества насосов с двухсторонним подводом жидкости перед консольными:

- двухсторонний подвод жидкости к колесу хорошо уравнивает осевые усилия колеса;

- горизонтальный разъем корпуса насоса при его разборке дает возможность не отключать всасывающую трубку от входного патрубка насоса;

Наряду с одноступенчатыми насосами используются и многоступенчатые насосы. Промышленностью выпускаются три типа таких насосов:

- Первый тип – центробежный многоступенчатый секционный насос с рабочими колесами одностороннего входа.

- Второй тип – центробежный многоступенчатый насос с горизонтальным разъемом корпуса и с рабочими колесами одностороннего входа.

- Третий тип – центробежный многоступенчатый насос с горизонтальным разъемом корпуса, с первым рабочим колесом двухстороннего входа и остальными рабочими колесами одностороннего входа.

Многоступенчатые насосы применяются для водоснабжения, гидромеханизации и других нужд там, где требуются сравнительно большие напоры. Поэтому если воду заставить проходить последовательно через несколько колес, смонтированных в одном корпусе насоса, то напор насоса будет равен сумме напоров последовательно расположенных колес, пропускающих одну и ту же подачу (расход жидкости). На рисунке 8 показана схема движения жидкости через последовательно расположенные колеса.

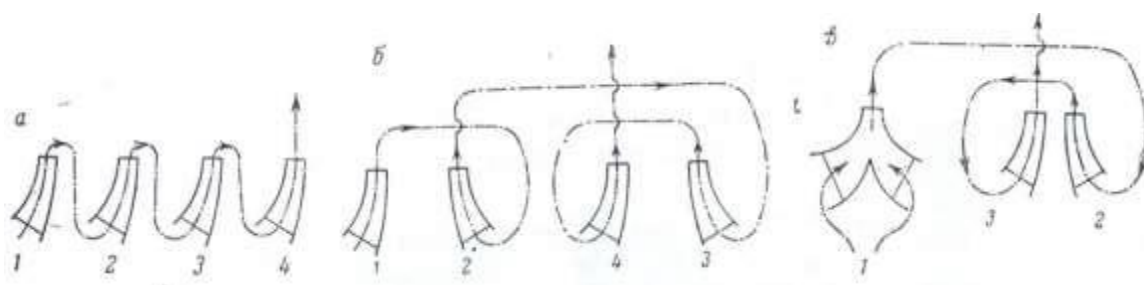


Рис. 8 – Схемы движения воды в насосах

На рисунке 9 изображен насос первого типа.

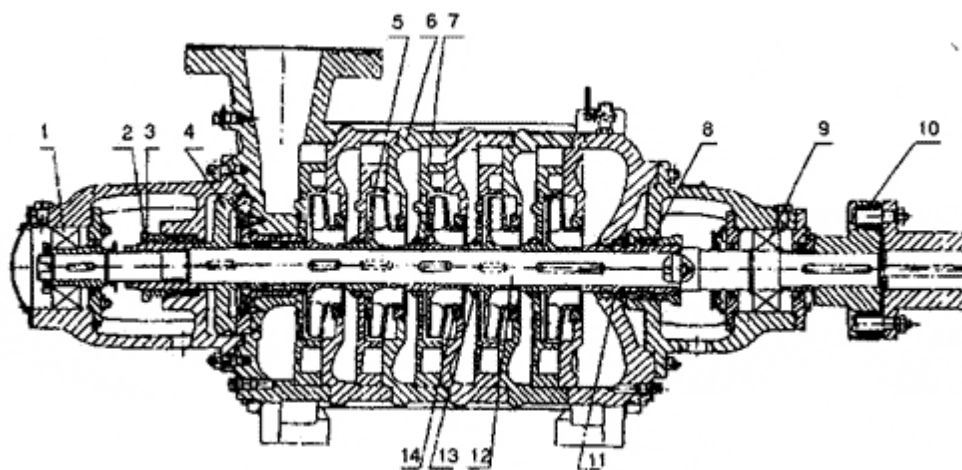


Рис. 9 - Разрез центробежного насоса

1 – подшипник; 2 – крышка сальника; 3 – защитная втулка; 4 – диск гидравлической пяты; 5 – рабочее колесо;
6 – секция; 7 – лопаточный отвод; 8 – сальниковая набивка;
9 – подшипник; 10 – муфта; 11 – втулка гидрозатвора; 12 – вал; 13 – кольцо уплотняющее; 14 – кольцо уплотняющее

Устройства, уравнивающие осевые усилия, не всегда удачно работают. Это заставило конструкторов проектировать многоступенчатые насосы с горизонтальным разъемом корпуса, а рабочие колеса размещать так, чтобы половина их имела входные отверстия, направленные влево, а половина – направленные вправо. Подобным примером служит насос типа Н.

Эти насосы, предназначенные для работы при температуре жидкой среды 3—200 °С, изготавливают двух- и четырехступенчатыми. Входной и выходной патрубки, отлитые вместе с нижней половиной корпуса насоса, расположены горизонтально в плоскости, перпендикулярной к оси насоса. Валы насоса и электродвигатели соединены посредством зубчатой или втулочно-пальцевой муфты.

Насосный агрегат монтируется на общей фундаментной плите, включая вспомогательные трубопроводы в пределах насосного агрегата.

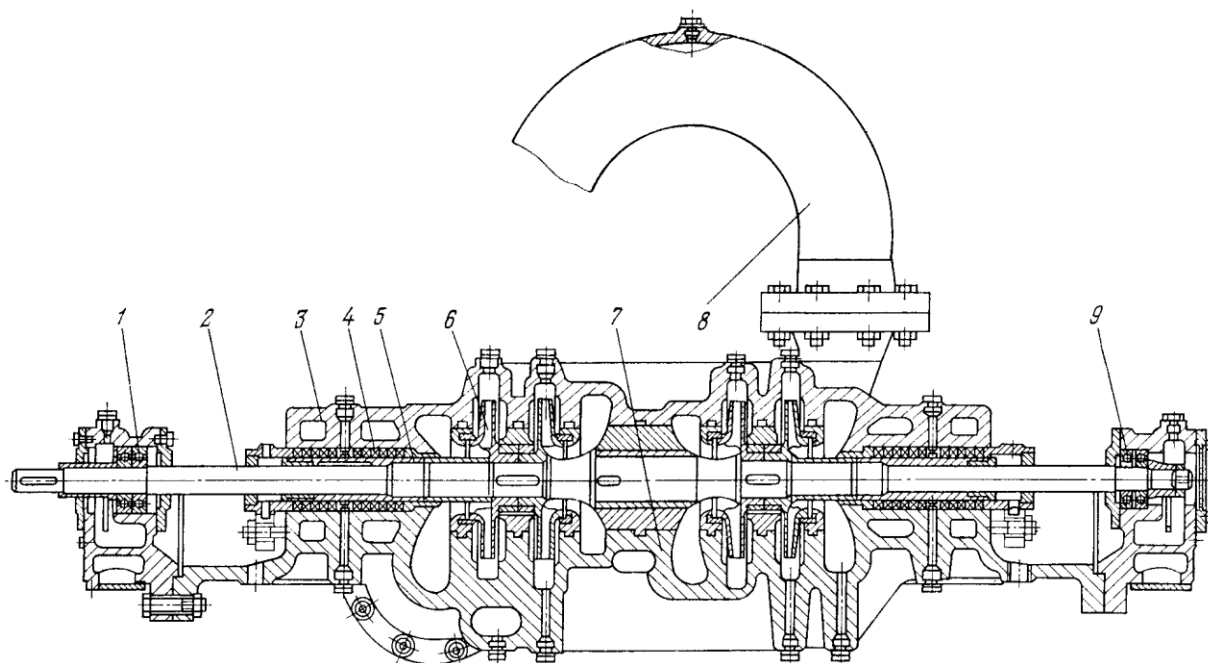


Рис. 10 - Четырехступенчатый насос типа Н

1 – радиальные подшипники, 2 – вал, 3 – верхняя половина корпуса, 4 – уплотнения вала, 5 – сменные защитные втулки вала, 6 – рабочие колеса одностороннего входа жидкости, 7 – нижняя половина корпуса, 8 – переводная труба, 9 – радиально-упорные подшипники

Наряду с преимуществами (высокий КПД, горизонтальный разъем корпуса, уравнивание осевых усилий) насос этого типа имеет некоторые недостатки (громоздкость, сложная форма корпуса, значительные габариты, высокая стоимость). Насосы этой марки применяют для водоснабжения, где требуются большие напоры. Рост добычи нефти обеспечивается не только вводом в разработку новых месторождений, но и постоянным улучшением эксплуатации разрабатываемых и вновь вводимых месторождений.

Для повышения нефтеотдачи пластов наиболее эффективен метод поддержания пластового давления закачкой воды. В последние годы для поддержания пластового давления широко используются сточные и пластовые воды. Это позволяет наиболее экономично и надежно решить проблему защиты водных ресурсов и окружающей среды.

В систему подготовки и закачки воды в нефтяные пласты входят водозаборные сооружения с насосной станцией первого подъема,

водоочистные установки, насосные второго и третьего подъемов, насосные станции по закачке и нагнетательные скважины.

В качестве насосных станций для закачки воды в нефтяные пласты применяются блочные кустовые насосные станции БКНС, которые изготавливаются на базе центробежных насосных агрегатов ЦНС-180 и ЦНС-500.

Конструкция насоса типа ЦНС-180 разработана с учетом создания на одной корпусной базе четырех модификаций с давлением нагнетания 9,5—19 МПа. Центробежные насосы типа ЦНС-180 допускают изменение рабочей характеристики посредством уменьшения числа ступеней (не более 2) с установкой проставочных втулок, без изменения привязочных размеров, с обязательной динамической балансировкой ротора.

(Тех. характеристики ЦНС приведены в таблице 1.)

Насосы типа ЦНС-180 и ЦНС-500 – центробежные секционные, горизонтальные, однокорпусные с односторонним расположением рабочих колес, с гидравлической пятой, подшипниками скольжения и концевыми уплотнениями комбинированного типа (щелевое и сальниковое уплотнения). Эти насосы рассчитаны также на эксплуатацию с торцовыми уплотнениями, устанавливаемыми посредством замены корпуса сальника на корпус торцового уплотнения без изменения корпусных деталей насоса.

Насосы этого типа состоят из двух основных узлов: корпуса — совокупности неподвижных деталей и ротора вращающегося вала с расположенными на нем деталями. К корпусу относятся входная и выходная крышки, отлитые заодно с приемным и напорными патрубками. В насосах типа ЦНС-500 эти патрубки направлены по вертикали вверх, в насосах типа ЦНС-180 входной патрубок расположен по горизонтали, а напорный – по вертикали вверх.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 33 |

Таблица 1 – Характеристики агрегатов типа ЦНС

| Показатель | Центробежный насосный агрегат | | | | |
|--|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | ЦНС180-1050 | ЦНС180-1185 | ЦНС180-1422 | ЦНС180-1900 | ЦНС560-1700 |
| Подача, м ³ /ч | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 |
| Напор, м | 1050 | 1185 | 1422 | 1900 | 1700 |
| Допускаемое давление на входе, МПа | 0,6 – 3,1 | 0,6 – 3,1 | 0,6 – 3,1 | 0,6 – 3,1 | 0,1 – 1,57 |
| КПД, % | 73 | 73 | 73 | 73 | 73 |
| Частота вращения, мин ⁻¹ | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 |
| Потребляемая мощность на номинальном режиме, кВт | 710 | 800 | 960 | 1280 | 3235 |
| Число секций насоса | 8 | 9 | 11 | 15 | 8 |
| Диаметр рабочих колес, мм | 308 | 308 | 308 | 308 | 402 |
| Габаритные размеры, мм: | | | | | |
| Длина | 2263 | 2610 | 2640 | 3022 | 2809 |
| Ширина | 1396 | 1120 | 1510 | 1430 | 1340 |
| Высота | 1434 | 1425 | 1510 | 1505 | 1477 |

Корпус насоса состоит из набора секции, входной и напорной крышек и концевых уплотнений. Базовые детали насоса — входная и напорная крышки с лапами, расположенными в плоскости, параллельной горизонтальной плоскости насоса. Насос фиксируется на плите двумя цилиндрическими штифтами, устанавливаемыми в лапах входной крышки. Напорная крышка отлита из качественной углеродистой стали марки 25Л,

крышка входная из чугуна марки СЧ 21-40, корпуса секций выполнены из поковки хромистой стали марки 20Х13. В секции расположены направляющие аппараты, заstopоренные штифтами от проворачивания. На рисунках 11 и 12 изображен ЦНС 180-1900.

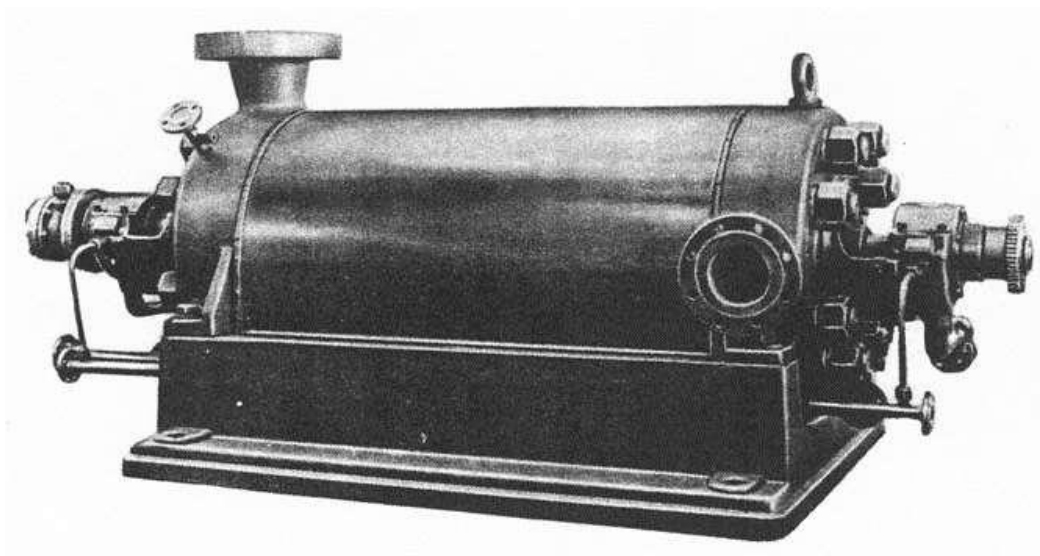


Рис. 11 - Насос ЦНС 180-1900

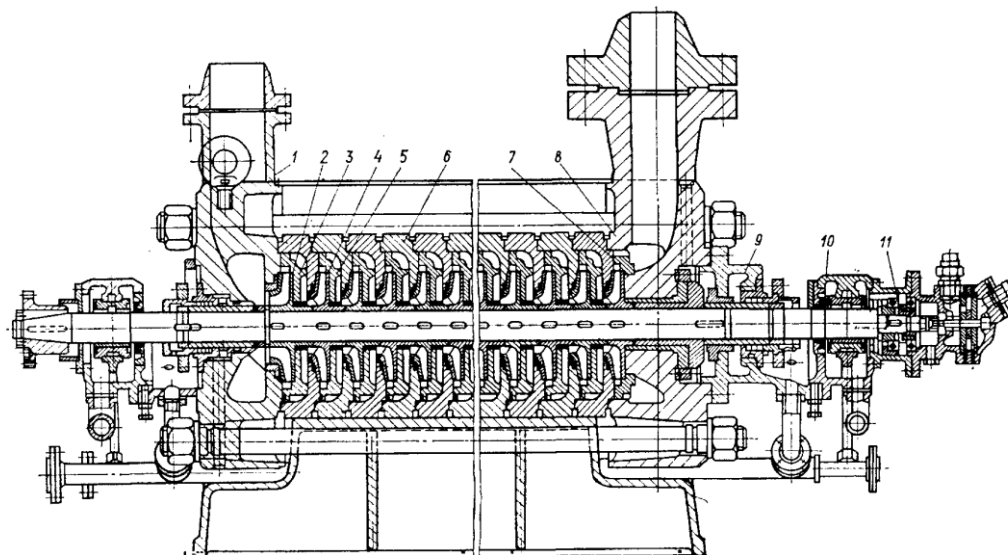


Рис. 12 – Разрез центробежного насоса ЦНС 180-1900

1 – крышка всасывания; 2 – рабочее колесо I ступени; 3 – направляющий аппарат I ступени; 4 – рабочее колесо промежуточной ступени; 5 – направляющий аппарат промежуточной ступени; 6 – секция; 7 – направляющий аппарат последней ступени;
8 – крышка напорная; 9 – концевое уплотнение; 10 – подшипник скольжения;
11 – отжимное устройство; 12 – плита

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16)

Стыки секций загерметизированы уплотняющими поясками. Для дополнительного уплотнения, в стыках установлены резиновые кольца. Секции центрируются и стягиваются с входной и напорной крышками, восемью шпильками М76Х4.

Ротор насоса состоит из рабочих колес, посаженных на вал по скользящей посадке, разгрузочного диска, защитных втулок и других деталей. Рабочие колеса отлиты из хромистой стали марки 20Х13Л, разгрузочный диск и защитные втулки выполнены из стали марки 20Х13, вал из поковки легированной стали марки 40ХФА.

Во избежание перетока воды по валу, стыки рабочих колес притираются до плотного металлического контакта. Рабочие колеса имеют уплотнения щелевого типа.

Щелевое уплотнение предназначено для разгрузки сальника с отводом воды в безнапорную емкость, при работе насоса с давлением во входном патрубке 0,6—3 МПа. При работе насоса с давлением во входном патрубке меньше 0,1 МПа, предусматривается подача воды на концевые уплотнения для устранения подсоса воздуха в полость подвода через сальники, а также для смазки сальника.

Опорами ротора служат подшипники скольжения с принудительной смазкой, а для насоса ЦНС180-1050 — с кольцевой смазкой. Вкладыши подшипников — стальные, залитые баббитом, имеют цилиндрическую посадку в корпусе подшипника. В корпусе подшипника есть отверстия для подвода в него масла, установки датчика температуры и слива масла (отверстие внизу). На заднем подшипнике смонтирован визуальный указатель осевого положения ротора. На период выбега ротора при отключении электроэнергии в подшипниках предусмотрено смазочное масло.

Насос соединяется с электродвигателем посредством зубчатой муфты. Обойма зубчатой муфты закрыта кожухом.

Также в России выпускаются насосы типа ЦНС-500. Они также предназначены для закачивания химически нейтральной воды в нефтяные

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| | | | | | | 36 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

пласты при добыче нефти, а также могут быть использованы при перекачивании других жидкостей, по физическим и химическим свойствам сходных с водой. Температура перекачиваемой жидкости не должна превышать 45⁰С, содержание механических примесей размером твердых частиц не более 0,1 мм – не более 0,1% по массе.

Центробежный насосный агрегат на базе насоса ЦНС 500-1900 применяется, когда для поддержания пластового давления необходима закачка большого количества воды в нагнетательные скважины.

Насос ЦНС 500-1900 отображен на рисунках 13 и 14, а его техническая характеристика приведена в таблице 1.1.

Насосы этого типа, как и остальных типов ЦНС, состоят их двух основных узлов: корпуса – совокупности неподвижных деталей и ротора – вращающегося вала с расположенными на нем деталями.

К корпусу относятся входная и выходная крышки, отлитые заодно с приемными и напорными патрубками. В насосах типа ЦНС-500 эти патрубки направлены по вертикали вверх.

Таблица 2. - Технические характеристики насоса ЦНС 500-1900

| Наименования показателя | Единица измерения | Значение |
|---------------------------------|---------------------|----------|
| Подача | м ³ /час | 500 |
| Напор | м | 1900 |
| Допускаемый кавитационный запас | м | 16 |
| КПД | % | 80 |
| Частота вращения вала | об/мин | 3000 |
| Мощность насоса | кВт. | 3240 |
| Количество ступеней | шт. | 8 |
| Масса | кг | 6300 |

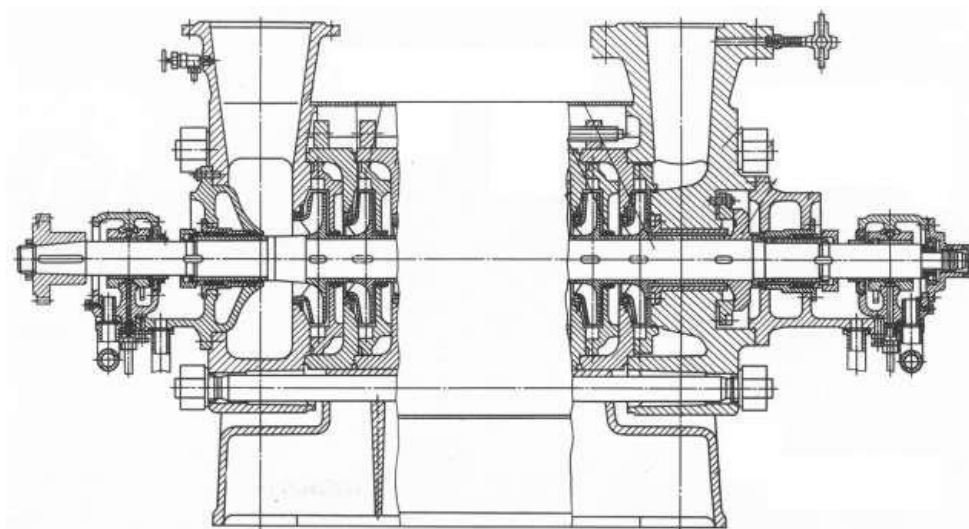


Рис. 13 – Разрез насоса ЦНС 500-1900

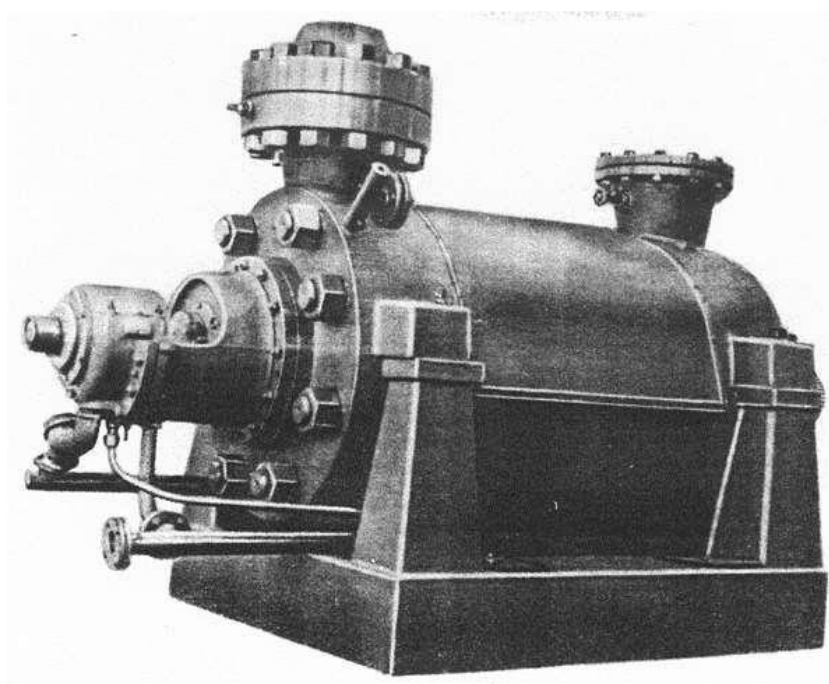


Рис. 14 – Насос ЦНС 500-1900

Установки погружных центробежных электронасосов типа УЭЦП предназначены для закачки поверхностных или пластовых вод в нагнетательные скважины с целью поддержания пластового давления при содержании в жидкости механических примесей не более 0,1 г/л и температурой не выше 40⁰С.

В шифре установки при заказе принято следующие обозначения:

У – установка; Э – с приводом от погружного электродвигателя; Ц – центробежный насос; П – для поддержания пластового давления; К – коррозионностойкое исполнение;

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 38 |

первое число – группа насоса (диаметр обсадной колонны (в мм), уменьшенный в 25 раз и округленный); второе число – подача (м³ в сутки); третье число – напор (в м); ХЛ – климатическое исполнение для районов с холодным климатом; цифра – категория размещения электронасоса при эксплуатации по ГОСТ 15150-69.

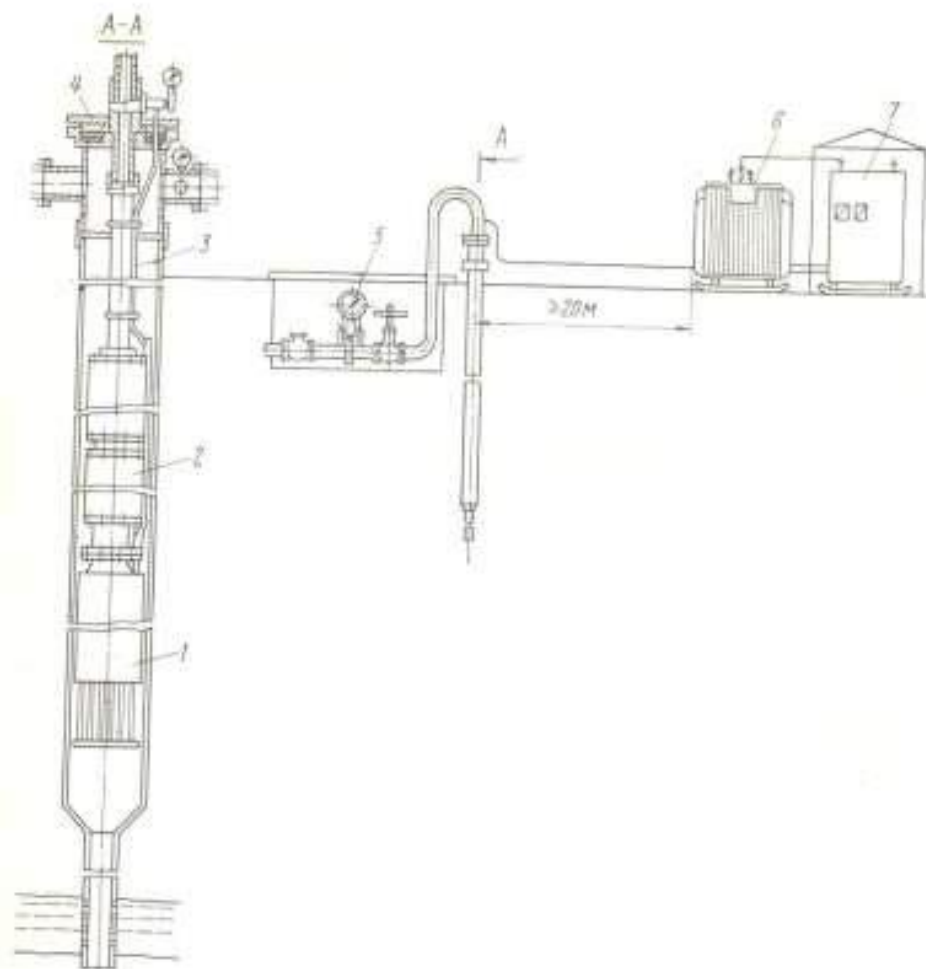


Рис. 15 - Установка погружного центробежного электронасоса для ППД
1 – электродвигатель; 2 – насос; 3 – кабель; 4 – оборудование устья скважины; 5 – КИП;
6 – трансформатор; 7 – комплектное устройство

Установка УЭЦП (рис. 15) состоит из погружного электронасоса (насос и электродвигатель), кабеля, оборудования устья скважины, трансформатора и комплектного устройства для управления и защиты электродвигателя.

Насос погружной центробежный секционный многоступенчатый. Ступени (рабочее колесо и направляющий аппарат) заключены в стальной

корпус. Опоры ротора насоса (радиальные и осевые) смазываются перекачиваемой жидкостью.

В зависимости от типоразмера насос имеет от двух до четырех секций. Каждая секция состоит из корпуса, в который устанавливается собранный по валу пакет ступеней, состоящий в зависимости от типоразмера насоса из 8-18 ступеней. Каждая ступень состоит из рабочего колеса, обоймы, диска и направляющего аппарата с уплотнительными кольцами. В корпусе пакет ступеней стягивается в осевом направлении стяжными винтами, ввертываемыми в концевые опоры. На валу рабочие колеса, втулки, пята, отбойники и муфты стягиваются болтами, ввертываемыми в торец вала.

Нижняя секция насоса соединяется с электродвигателем посредством всасывающей головки. Верхняя секция оканчивается резьбовым переводником для подсоединения к патрубку колонной головки или водоподъемным трубам.

Осевые нагрузки от веса вала и развиваемого секцией давления воспринимаются пятой и подпятником; радиальные нагрузки – резинометаллическими подшипниками.

Охлаждение и смазка подшипников и пят осуществляется перекачиваемой жидкостью.

В насосах с подачей 1000 м³/сут в каждой секции установлен промежуточный радиальный подшипник.

Секции соединяются между собой при помощи переводников в насосах типа ЭЦП и быстроръемных хомутов – в насосах типа ЭЦПК.

Валы секций соединяются между собой роликовыми муфтами, устанавливаемыми на верхнем конце вала секции.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 40 |

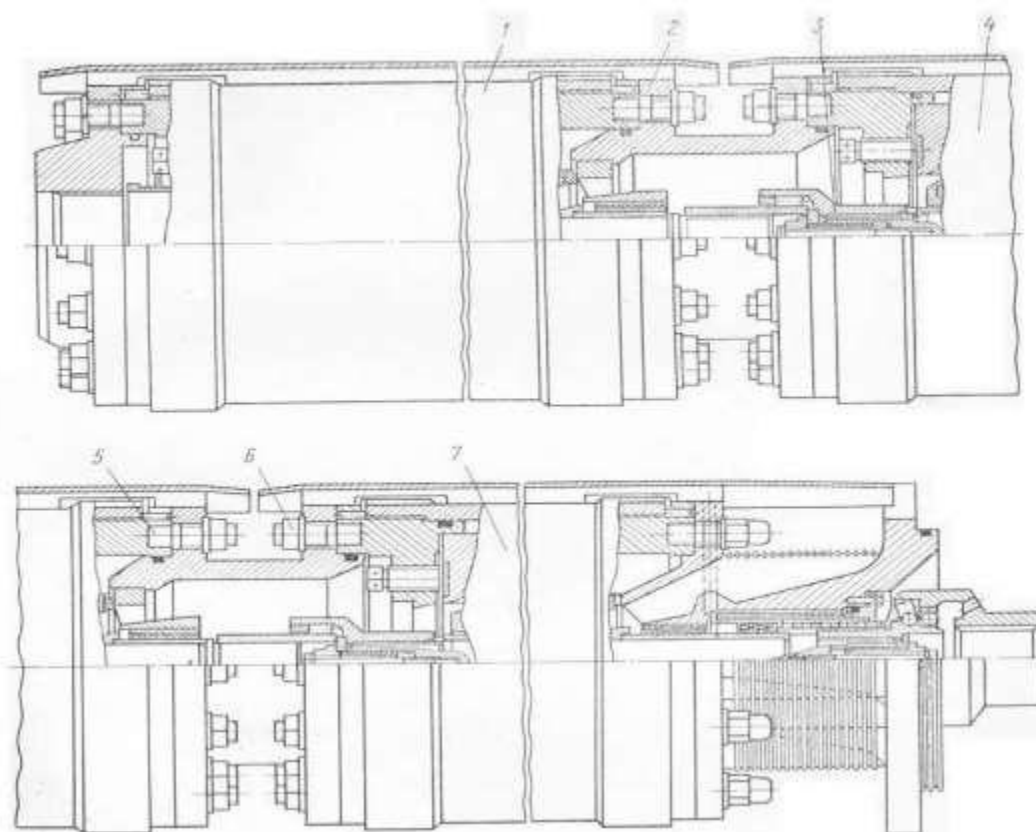


Рис. 16 - Насос ЭЦП

*1 – секция верхняя; 2 – переводник секции; 3 – муфта роликовая; 4 – секция средняя;
5 – шпилька; 6- гайка; 7 – секция нижняя*

2.2. Центробежные насосы для перекачки воды зарубежного производства

Как в нашей стране, так и за рубежом широкое применение нашли динамические насосы. Благодаря простоте конструкции, высокой степени унификации узлов насосов одного типа, небольшим габаритным размерам и низкой стоимости, эти насосы нашли применение в самых различных отраслях и технологических процессах, связанных с подъемом пластовой жидкости, воздействием на призабойную зону пласта, транспортированием нефти и воды в системах поддержания пластового давления. На нефтяных месторождениях в системе поддержания пластового давления, в частности в США, Японии и Германии, используются насосы аналогичные отечественным многосекционным центробежным насосам.

Фирмой «Weir Pumps Ltd» выпускаются насосы с корпусом с осевым разъемом и с цилиндрическим корпусом (рис. 17 и 18, соответственно). Они

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 41 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | |

КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16)

предназначены для закачки воды в пласт и для работы на магистральных нефтепроводах.

Насосы с цилиндрическими корпусами выпускаются с расходами до 3400 м³/ч, напорами до 3950 м, частотой вращения вала 3000, 3500 и 7000 об/мин, с температурой рабочей жидкости до 180⁰С (по желанию заказчика поставляются конструкции, рассчитанные на более высокие температуры).

Конструкция обладает следующими преимуществами:

- высокоэффективная, с точки зрения гидравлики, конструкция;
- конструкция с извлекаемым целиком узлом;
- жесткий вал повышает надежность;
- низкие затраты на техническое обслуживание;
- стабильная зависимость напор/расход;
- вариант со сдвоенным входом нагнетателя первой ступени;
- вариант вертикального расположения;
- полностью соответствует требованиям стандарта API 610;
- широкий выбор материалов;
- для удовлетворения требований конкретной схемы трубопроводов, предусмотрено верхнее, нижнее и боковой расположение отводов.

Насосы с корпусами с осевым разъемом выпускаются с расходами до 1250 м³/ч, напорами до 3050 м, частотой вращения вала 2950, 3560 об./мин. и более, с температурой рабочей жидкости до 230⁰С.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 42 |

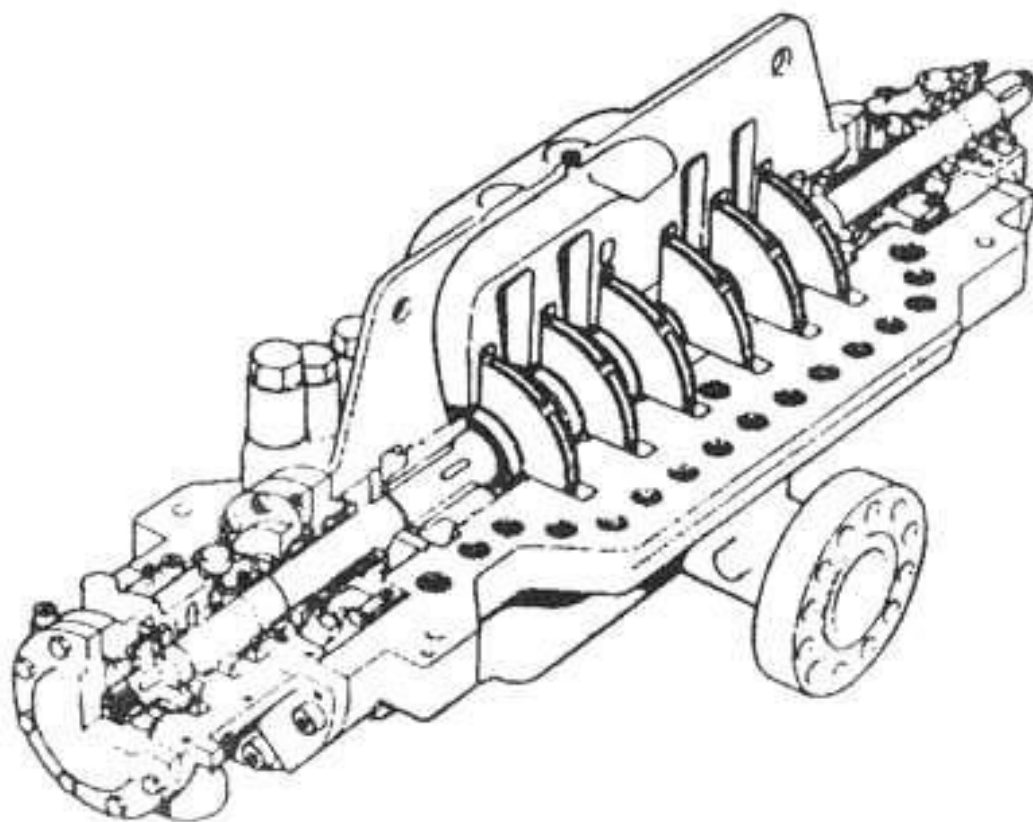


Рис. 17 - Насос фирмы «Weir Pumps Ltd.» с корпусом с осевым разъемом

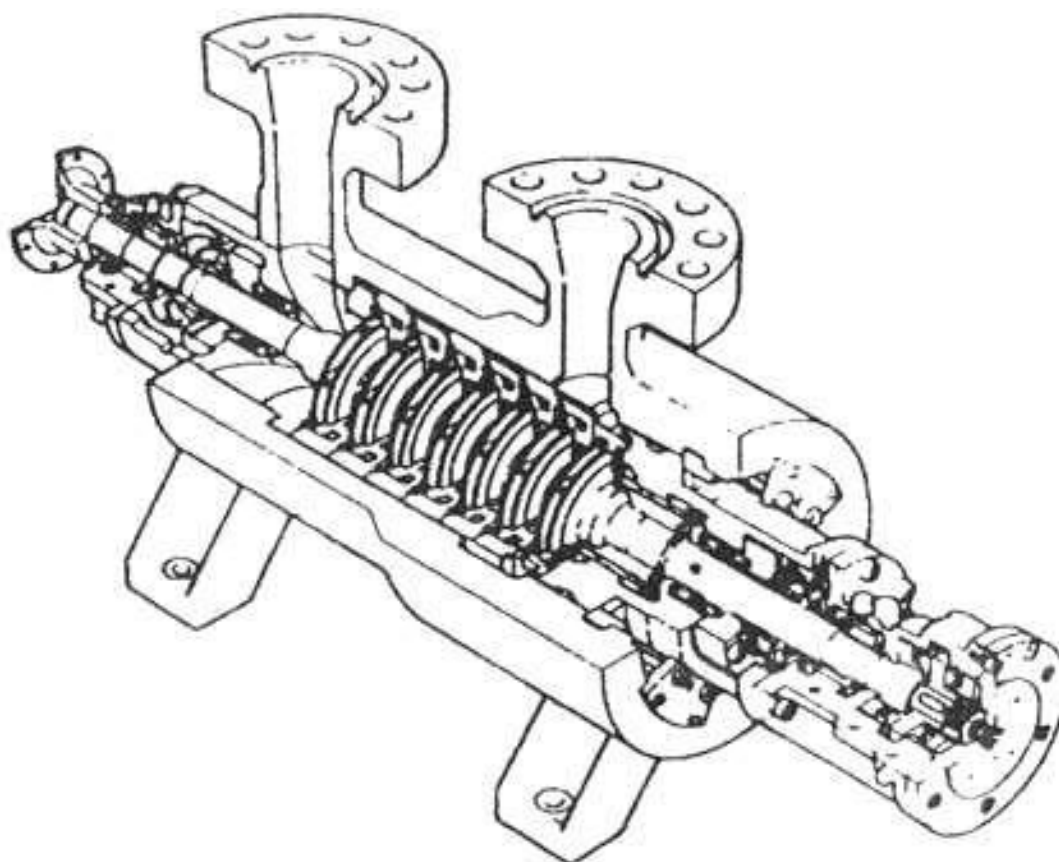


Рис. 18 - Насос фирмы «Weir Pumps Ltd.» с цилиндрическим корпусом

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16)

Лист

43

Конструкция обладает следующими преимуществами:

- высокоэффективная, с точки зрения гидравлики, конструкция;
- двойная улитка уменьшает радиальную нагрузку;
- жесткий вал повышает надежность;
- корпус для высоких давлений усилен двойным рядом болтов;
- первая ступень имеет сдвоенное рабочее колесо;
- полностью соответствует требованиям стандарта API 610;
- широкий выбор материалов.

Фирмой «Reda» выпускается горизонтальная насосная система (рис. 19). Горизонтальная насосная система – экономически эффективная альтернатива плунжерным насосам и насосам с разъемным корпусом в условиях высоких значений подачи и давления (например, при заводнении, сбросе минерализованных вод и на трубопроводных дожимных насосных станциях). Жесткая конструкция горизонтальной насосной системы «Reda» позволяет во многих случаях монтировать насосные установки без использования бетонных фундаментов, что позволяет сократить затраты на подготовку площадки. Система обеспечивает подачу 200 м³/ч при напоре 2800 м.

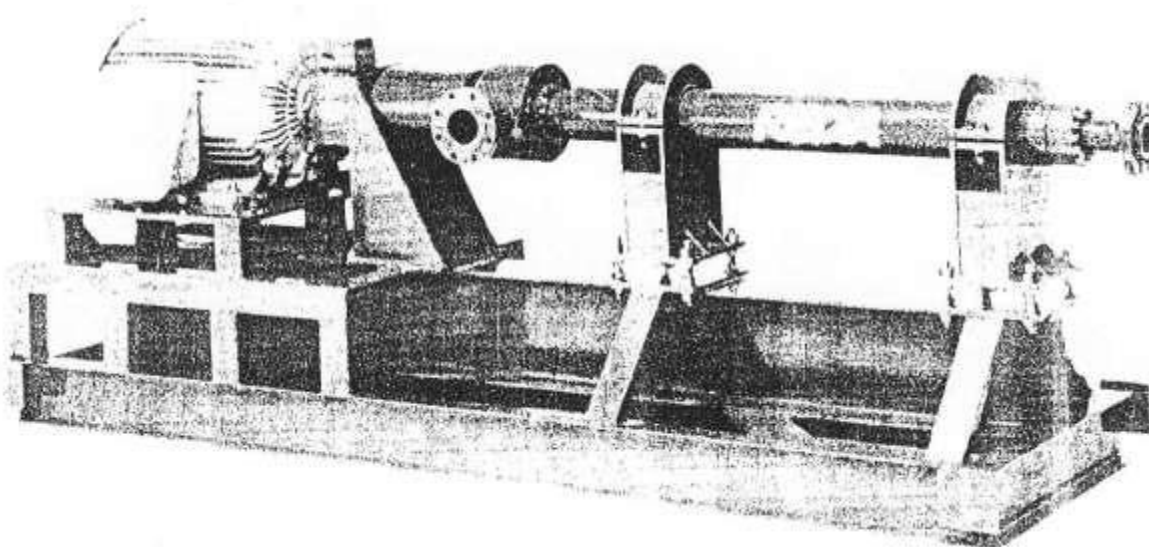


Рис. 19 - Горизонтальная насосная система фирмы «Reda»

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 44 |

3. Вывод о лучшем техническом решении

На основании сделанного анализа, принимая во внимание существующие конструкции центробежных насосов для закачки воды в пласт, в качестве прототипа выберем продукцию отечественных производителей. А именно насос ЦНС 180-1185.

4. Способы, повышающие эффективность ППД

Организация системы поддержания пластового давления (ППД) в настоящее время наиболее распространенный и эффективный метод вытеснения нефти при заводнении нефтеносных пластов. Учитывая то обстоятельство, что объемы закачиваемой жидкости в несколько раз превышают объем добычи нефти, речь может идти о сотнях миллионов кубометрах закачки в год.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что вопросы эффективности нефтедобычи напрямую и во многом зависят от состояния и экономичности систем ППД.

Исходя более чем из полувекового опыта эксплуатации оборудования для ППД нефтедобывающих компаний России и стран ближнего зарубежья, нами сформулированы основные пути совершенствования аппаратного оформления систем ППД.

Первым стоит выделить направление унификации выпускаемого технологического оборудования, в том числе и для систем ППД в блочно-комплектном исполнении.

В последние 20 лет крупнейшие нефтегазодобывающие компании в своем развитии достигли высокого уровня оригинальности структурных единиц каждого проекта обустройства вновь вводимых месторождений, а также модернизации месторождений, использовавшихся уже длительное время. В последние десятилетия индивидуальность проектов систем ППД, вводимых на месторождениях, значительно возросла.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 45 |

Крупнейшие нефтегазовые компании обустривают месторождения, не задаваясь вопросами унификации применяемых изделий и единых требований к их конструкции, параметрам, габаритным размерам и т.п. В технических требованиях этих компаний могут быть совмещены требования согласно API, ГОСТ, ASME, ASTM, ТУ и т.п. Таким образом, компоновка и параметры применяемого оборудования могут быть индивидуальны для каждого куста скважин.

Изготовители нефтегазового оборудования, в свою очередь, заинтересованы в уменьшении числа типоразмеров и унификации нефтегазового оборудования.

На отдельные виды продукции на сегодняшний день существует сотни спецификаций компаний с различными техническими требованиями. Сокращение числа модификаций продукции при сохранении ее высокого качества может существенно (до 30%) снизить затраты на ее производство. В таких условиях компании-производители могут работать более стабильно, не увеличивая стоимость поставляемого нефтепромыслового оборудования и сроки поставки. Решение вопросов унификации нефтепромыслового оборудования должно привести к существенной экономии средств, направляемых на проектные работы, закупки комплектующего оборудования и расходных материалов, обслуживание, обучение и переподготовку персонала и т.д.

Если бы заказчики предоставляли производителям унифицированные технические требования на поставку блочно-комплектного оборудования, обязательные для исполнения всеми поставщиками и охватывающие всю гамму требований (от габаритных размеров блоков до комплектации определенными видами трубной продукции, запорной и регулирующей арматуры, приборов и автоматики), то это привело бы к существенной унификации и снижению издержек в конечном результате.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 46 |

Вторым очень важным направлением считается серьезная модернизация оборудования с целью дальнейшего существенного снижения его материалоемкости.

В настоящее время, в частности для производителей блочных кустовых насосных станции (БКНС), актуально обеспечение допустимого уровня вибрации насосных агрегатов, которое напрямую влияет на материалоемкость блочного оборудования. Основные пути достижения оптимального результата в этом вопросе, по которым идут производители БКНС и нефтегазодобывающие предприятия, это:

- обустройство под насосным агрегатом индивидуального, монолитного, изолированного от основания фундамента, позволяющего гасить вибрации агрегатов, не только установленных по проекту, но и при его замене;
- установка расчетной системы виброгашения, в состав которой входит цельная рама с системой виброгасящих элементов, а также компенсаторы-виброгасители на все без исключения, подводящие и отводящие трубопроводы.

ЗАО «Нишневартовскремсервис», входящее в Группу ГМС, — одно из предприятий, выпускающих вибро-компенсирующие системы (ВКС), пошло по пути адресного изготовления ВКС под определенные БКНС, в том числе на трубно-свайных основаниях.

Оба варианта БКНС могут привести к серьезному снижению материалоемкости оборудования за счёт гашения вибрации без передачи определенной части вибрационных нагрузок на металлоконструкцию БКНС, в особенности, на ее основание. В этом случае имеется возможность снизить материалоемкость металлоконструкции без снижения прочностных характеристик и общего срока службы изделия.

Третье направление связано уже с новым подходом к решению проблемы оптимизации технологических схем, в которых структура обустройства систем ППД требует серьезной трансформации.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| | | | | | | 47 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

Здесь предлагается вывести на передний план внедрение технологии закачки плунжерными насосами в зависимости от приемистости скважин. Такая система позволяет более гибко и эффективно воздействовать на пласт, при этом учитывать возможность частотного регулирования приводного электрического двигателя, который широко применяется в практике энергосбережения. Повышенная затратность при обустройстве месторождений из-за использования большого количества БКНС меньшей производительности со временем непременно окупится при эксплуатации оборудования.

Хотелось бы обратить внимание на проблемы внедрения инноваций, новых технических решений, модернизации в реальной системе координат, сложившейся в современном нефтегазовом бизнесе. К сожалению, сформировавшаяся практика не дает нужного эффективного результата, поскольку требуется комплексный подход, включающий в себя:

- создание временных или постоянных комплексов по решению проблем, связанных с практикой проектирования систем ППД, в составе соответствующих подразделений НГДУ (ЦДНГ) как полигонных площадок, возможно, на выработанных или мало перспективных месторождениях;
- привлечение проектных институтов, курирующих преимущественно данное месторождение, производителей опытных образцов оборудования.

Четвертое направление, требующее разностороннего комплексного подхода, — это фильтрация технологических жидкостей на входе в БКНС. Так, ОАО «ГМС Нефтемаш», входящее в Группу ГМС, использует фильтры типа ФГК, сочетающие в себе быстросъемные сетчатые картриджи (сетка из нержавеющей стали с адсорбирующим наполнением) и гидроциклонную очистку одновременно. Данный фильтр дополнительно имеет постоянно действующий обвязанный на дренажную емкость выход осадка и при необходимости может быть оснащен газоотводной трубкой.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 48 |

Преимущество фильтров ФГК в том, что они допускают эффективную промывку фильтрующих элементов кратковременной подачей очищенной жидкости при полном открытии пескового (дренажного) патрубка.

В настоящее время производители фильтров ФГК предлагают фильтры пропускной способностью 90, 180 и 300 м³/ч, рассчитанных на давление в приемном коллекторе 16–40 атм. А также предлагают варианты коррозионно-стойкого и износостойкого исполнения фильтрующих элементов, корпусов, подводящих патрубков и т.д.

Компактные габариты и конструкция присоединительных элементов позволяют устанавливать их на приемном коллекторе, рядом с насосом, в рамках компоновочных схем современных БКНС в блочно-комплектном исполнении.

Таким образом, реализация мероприятий по обозначенным направлениям и решение вышеизложенных задач с учетом достаточного финансирования позволит в короткий срок решить назревшие проблемы не только с оборудованием, подлежащим глубокой модернизации, но и с отработкой новых технологий и внедрением инновационных проектов.

[Опираясь на информацию предоставленную источником – 2]

5. Расчетная часть

Для подбора оборудования в системе ППД, а именно, центробежного насоса, требуется провести следующие расчеты:

- Расчет проточного канала рабочего колеса
- Расчет вала центробежного насоса
- Расчет на прочность и жесткость винтовых пружин
- Силовой расчет торцового уплотнения
- Расчет утечек в торцовом уплотнении

[Для расчетов были использованы методики с источников под номерами – 3, 5]

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 49 |

5.1. Расчет проточного канала рабочего колеса

Исходными данными для расчета являются основные параметры насоса:

Подача насоса $Q = 190 \text{ м}^3/\text{час} = 0,0527 \text{ м}^3/\text{с}$;

Напор насоса $H = 1250 \text{ м}$;

Частота вращения вала насоса $n = 3000 \text{ об/мин} = 50 \text{ об/с}$;

Количество ступеней в насосе $m = 9$;

Плотность перекачиваемой жидкости: 1000 кг/м^3 .

Коэффициент быстроходности:

$$n_s = 3,65n \frac{\sqrt{Q}}{H^{\frac{3}{4}}}$$

Где n - число оборотов, мин^{-1} ;

Q - Подача насоса, $\text{м}^3/\text{с}$;

g - Ускорение свободного падения, м/с^2 ;

H_{cm} - Напор, создаваемый одной ступенью, м.

$$H_{cm} = \frac{H}{m} = \frac{1250}{9} = 138 \text{ м.}$$

$$n_s = 3.65 \cdot 3000 \frac{\sqrt{0,0527}}{138^{\frac{3}{4}}} = 62$$

Расход жидкости в каналах рабочего колеса:

$$Q_k = \frac{Q}{n_{об}}$$

где $n_{об}$ - объемный КПД.

Объемный коэффициент полезного действия найдем по формуле:

$$\eta_{об} = \frac{1}{1+6 \times 10^{-3} (n_s)^{-\frac{2}{3}}} = 0,985$$

Отсюда:

$$Q_k = \frac{0,0527}{0,958} = 0,055 \text{ м}^3/\text{с}$$

Приведенный диаметр входа в рабочее колесо:

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 50 |

$$D_{1пр} = k_{вх} \cdot \sqrt[3]{\frac{Q_k}{n}},$$

Где $k_{вх}$ - коэффициент входа.

Д.Я. Суханов на основе анализа статистических данных рекомендовал принимать коэффициент входа $k_{вх} = 1,02 \div 1,15$. Однако, в литературе последних

лет этот коэффициент дается в пределах $0,9 \div 1,28$. Для расчетов примем $k_{вх} = 0,95$.

$$D_{1пр} = 0,95 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,055}{50}} = 0,098 \text{ м.}$$

Общий КПД насоса:

$$\eta = \eta_g \cdot \eta_{об} \cdot \eta_m$$

где η_g - гидравлический КПД насоса;

$\eta_{об}$ - объемный КПД насоса;

η_m - механический КПД насоса.

На основе опытных данных рекомендована следующая зависимость для расчета гидравлического КПД:

$$\eta_g = 1 - \frac{0,42}{(1g(D_{1пр} \cdot 10^3) - 0,172)^2} = 0,873$$

Механический КПД принимают при этих расчетах в пределах $\eta_m = 0,8 \div 0,98$. Меньшие значения обычно для насосов многоступенчатых, с малым η_s . Для расчетов примем $\eta_m = 0,91$.

Тогда получим:

$$\eta = 0,958 \cdot 0,873 \cdot 0,91 = 0,763$$

Мощность насоса (потребляемая насосом):

$$N = \frac{Q_k \cdot \rho \cdot g \cdot H}{\eta} \approx 847000 \text{ Вт}$$

Диаметр вала:

$$d_{\text{в}} = \sqrt[3]{\frac{N}{n \cdot [\tau]}} = 0,095 \text{ м.},$$

где $[\tau]$ – допустимое напряжение материала вала при кручении, МПа.

В предварительном расчете вала оно принимается заниженным, $[\tau]=12 \div 25$ МПа.

Внешний диаметр втулки:

$$d_{\text{вт}} = (1,20 \div 1,35)d_{\text{в}} = 0,115 \text{ м}$$

Диаметр входа в колесо:

$$D_o = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_k}{\pi \cdot C_o} + d_{\text{вт}}^2}$$

где C_o – осевая скорость жидкости у входа, м/с.

Осевую скорость жидкости у входа в пространстве между D_o и $d_{\text{вт}}$ определяют без учета подкрутки потока по зависимости С. С. Руднева.

$$C_o = (0,9 \div 1,28) \sqrt[3]{Q_k \cdot n^2} = 4,9 \text{ м/с}$$

Тогда получим:

$$D_o = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,055}{3,14 \cdot 4,9} + 0,115^2} = 0,165 \text{ м.}$$

Так как значение диаметра входа в колесо округляется до целого четного числа, то примем $D_o = 166 \text{ мм}$.

Диаметр колеса у входной кромки лопатки:

$$D_1 = (0,8 \div 0,9)D_o = 0,14 \text{ м}$$

Ширина канала рабочего колеса у входной кромки лопасти:

$$b_1 = \frac{Q_k}{\pi \cdot D_1 \cdot C_{\text{от}}} = 0,026 \text{ м.}$$

где $C_{\text{от}}$ - скорость потока на входе у лопастей до стеснения ими проходного сечения, $C_{\text{от}} \cong C_o$.

Угол входной кромки лопасти определяем по формуле:

$$\beta_{1\text{л}} = \beta_1 + \delta,$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 52 |

где $\delta = 5 \div 10^0$ – угол атаки.

Угол β_1 определяют по выражению:

$$\tan \beta_1 = \frac{C_{1m}}{\mu_1},$$

где C_{1m} – осевая скорость жидкости, м/с;

μ_1 – окружная скорость жидкости, м/с.

$$C_{1m} = k_1 \cdot C_{от},$$

где $k_1 = 1,1 \div 1,25$ - коэффициент стеснения проходного сечения лопастями на входе колеса.

$$\mu_1 = \frac{\omega \cdot D_1}{2},$$

где ω – угловая скорость.

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = 314,$$

Найдем скорости по ранее оговоренным формулам:

$$\mu_1 = \frac{314 \cdot 0,14}{2} = 21,98 \text{ м/с}$$

$$C_{1m} = 1,22 \cdot 4,9 = 5,48 \text{ м/с}$$

После преобразования и вычисления составляющих получим:

$$\beta_1 = \arctan\left(\frac{5,48}{21,98}\right) \approx 14^0$$

$$\beta_{1л} = 14^0 + 7^0 = 21^0$$

Обычно угол входной кромки лопасти лежит в интервале $\beta_{1л} = 18 \div 35^0$.

Полученный результат удовлетворяет условию.

Средний внешний диаметр колеса D_2 последовательным вычислением:

- теоретического напора:

$$H_m = \frac{H}{\eta_r} = 158 \text{ м.}$$

- коэффициента окружной составляющей абсолютной скорости жидкости

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 53 |

при выходе из колеса:

$$C_{2м} = 2(1 - \rho_k),$$

где $\rho_k = 0,7 \div 0,75$ – коэффициент реакции для насоса.

Коэффициент реакции отражает приращение потенциальной энергии потока в рабочем колесе. Чем выше коэффициент реакции, тем меньше кинетической энергии надо преобразовать в энергию давления в направляющем аппарате, т.е. тем совершеннее рабочее колесо.

$$C_{2м} = 2(1 - 0,73) = 0,54 \text{ м/с}$$

- окружной скорости:

$$\mu_2 = \sqrt{\frac{g \cdot H_m}{C_{2м}}} = 53,575 \text{ м/с}$$

Внешний диаметр рабочего колеса:

$$D_2 = \frac{2 \cdot \mu_2}{\omega} = 0,342 \text{ м}$$

Ширина канала рабочего колеса у выходной кромки лопасти:

$$b_2 = \frac{Q_k}{\pi \cdot D_2 \cdot C_{2м\infty}},$$

где $C_{2м\infty}$ - меридиальная скорость жидкости на выходе из колеса, взятую без учета стеснения проходного сечения лопастями.

$$C_{2м\infty} = (0,8 \div 1,1) \cdot C_{0м} = 4,41$$

Тогда:

$$b_2 = \frac{0,055}{3,14 \cdot 0,342 \cdot 4,41} = 0,0118$$

Угол выходной кромки лопасти:

$$\sin \beta_2 = \sin \beta_{1л} \frac{\omega_1}{\omega_2} \cdot \frac{k_2}{k_1} \cdot \frac{C_{2м\infty}}{C_{1м}},$$

где $k_2 = 1,04 \div 1,1$ - коэффициент стеснения проходного сечения лопастями на выходе из колеса.

Для расчетов насосов с $n_s = 0,04 \div 0,1$ принимают $\frac{\omega_1}{\omega_2} = 1,1 \div 1,2$.

$$\beta_2 = \arcsin(0,3584 \times 1,15 \cdot \frac{1,08}{1,12} \cdot \frac{4,41}{5,48}) = 19^\circ$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 54 |

Оптимальное число лопастей дает формула К. Пфлейдерера:

$$z_{\text{л}} = k \frac{D_2 + D_1}{D_2 - D_1} \cdot \sin \frac{\beta_1 + \beta_{1\text{л}}}{2} = 6$$

При лопастях относительно большой толщины ($\sim 4-6$ мм) $k = 6,5$.

5.2. Расчет вала центробежного насоса

Экспериментальная зависимость гидравлического КПД от $D_{1\text{пр}}$:

$$\eta_{\text{г}} = 0,5 + 0.08351 g D_{1\text{пр}} = 0,87$$

Объемный КПД

$$\eta_{\text{об}} = \frac{Q}{(Q + \sum g)}$$

Где $\sum g$ - сумма утечек в насосе, $\text{м}^3/\text{с}$

Из ранее приведенного расчета колеса $\eta_{\text{об}} = 0,96$

Потери мощности на дисковое трение рабочего колеса, Вт

$$N_{\text{дт}}^{-1} = C_f \cdot \rho \cdot r_2^5 \cdot \omega^3,$$

где C_f - коэффициент, зависящий от числа Рейнольдса.

$r_2 = 0,171$ – радиус диска;

$\omega = 314$ рад/с - угловая скорость вращения;

$\rho = 1000$ кг/м³ - плотность жидкость.

$$C_f = \frac{0,0275}{Re^{1/5}}$$

$$Re = \frac{r_2^2 \cdot \omega}{\nu}$$

где $\nu = 1,3 \times 10^{-6}$ – вязкость $\text{м}^2/\text{с}$;

$$Re = \frac{0,0324 \cdot 314}{1,3 \cdot 10^{-6}} = 7,8 \cdot 10^{-6};$$

$$C_f = \frac{0,0275}{(7,8 \cdot 10^{-6})^{1/5}} = 1,15 \cdot 10^{-3};$$

Отсюда:

$$N_{\text{дт}}^{-1} = 0,00115 \cdot 1000 \cdot 0,171^5 \cdot 314^3 = 890 \text{ Вт}$$

Из-за восстановления части кинетической энергии потока в пазухе между колесом и стенкой корпуса потери мощности на дисковое трение снижаются:

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТИМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 55 |

$$N_{\text{дм}} = (1 - \eta_{\text{нд}}) N_{\text{дм}}^{-1} = 720 \text{ Вт},$$

Где $\eta = 0,2$ - коэффициент, учитывающий насосный эффект.

Потери мощности на трение в радиальных опорах скольжения.

$$N_{\text{трп}} = 0,5 \cdot f \cdot P_n \cdot \omega \cdot d,$$

где P_n - радиальная сила в опоре;

d – диаметр вала;

$f = 0,07$ - коэффициент трения.

$$P_n = 255 \cdot 9,81 \cdot 0,5 = 1250,8 \text{ Н}$$

$$N_{\text{трп}} = 0,5 \cdot 0,07 \cdot 314 \cdot 1250 \cdot 0,09 = 1136 \text{ Вт}$$

Потери мощности на трение в торцевом уплотнении подробно рассчитаны в пункте 3.4.

Сумма механических потерь

$$\sum N_m = z_{\text{ст}} \times N_{\text{дм}} + z_{\text{упл}} \times N_{\text{трп}} + z_n \times N_{\text{трп}} = 15052 \text{ Вт},$$

где $z_n, z_{\text{ст}}, z_{\text{упл}}$ - число ступеней, уплотнений, опор.

Мощность насоса определяем по формуле:

$$N = \frac{Q \cdot \rho \cdot g \cdot H}{\eta_{\text{г}} \cdot \eta_{\text{об}}} + \sum N_m = 788799 \text{ Вт},$$

Крутящий момент на валу:

$$T = \frac{N}{\omega} = 2512 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

Напряжение кручения

$$\tau = \frac{T}{0,2 \cdot d^3} = 17229080,93 \text{ Па}$$

Центробежная сила, вызывающая изгиб вала.

$$F = m \cdot \omega^3 \cdot r;$$

где $m = 6,3$ – масса рабочих колес и разгрузочной пяты, которые имеют дисбаланс биения.

$r = 0,075$ – биение для рабочих колес;

$r = 0,015$ – для уплотняющих поверхностей;

$r = 0,03$ – для втулок защитных.

$$F = (6,3 \cdot 9) \cdot (314)^2 \cdot (0,075 \cdot 9) \cdot (0,015 \cdot 2) \cdot (0,03 \cdot 2) = 6792 \text{ Н}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| | | | | | | 56 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

Представим вал, нагруженный силой F_u , вызывающей изгиб вала и силой F_p , вызывающей растяжение вала $l=2,072$ м. Найдя сумму моментов относительно точки А получим:

$$M_A = R_B \cdot l - F_u \cdot \frac{1}{2},$$

$$R_B = \frac{F_u}{l} \cdot \frac{1}{2},$$

$$R_A = R_B = \frac{6792}{2} = 3396 \text{ Н}$$

$$M_u = R_A \cdot 0,5 \cdot l = 3518,26 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

от силы F_p ,

$$R_A = R_B = \frac{F_p \cdot D}{2 \cdot l} = 560,5 \text{ Н},$$

$$M_p = R_A \cdot \frac{l}{2} = 580,7 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Найдем изгибающие напряжения:

$$\sigma_{из} = \frac{M_u}{W},$$

где W - осевой момент сопротивления вала.

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = 79,5 \cdot 10^{-5}$$

Отсюда изгибающие напряжения равны:

$$\sigma_{из} = \frac{3518,26}{79,5 \cdot 10^{-5}} = 4425474,277 \text{ Па}$$

Напряжение при растяжения находим соответственно:

$$\sigma_p = \frac{M_p}{W} = \frac{580,7}{79,5 \cdot 10^{-5}} = 730440,25 \text{ Па}$$

Эквивалентное напряжение, Па

$$\sigma_{экр} = \sqrt{(\sigma_{из} + \sigma_p)^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

$$\sigma_{экр} = (4425474,277 + 730440,25)^2 + 3 \cdot 17229080,93^2 = 39994312,6$$

Запас прочности k определим по пределу текучести материала вала для стали 40ХФА=600МПа,

$$k = \frac{\sigma_T}{\sigma_{экр}} = \frac{600}{39,9} = 14,03$$

Для легированных сталей запас прочности лежит в пределах 12-20.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТІМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 57 |

Следовательно, диаметр вала 90 мм обеспечивает статическую прочность.

Рассчитываем вал на сопротивление усталости: предел выносливости при симметричном числе напряжений, МПа

$$\sigma_{-1} = 0,45 \cdot \sigma_B \text{ МПа,}$$

$$\sigma_{-1} = 0,45 \cdot 1010 = 454,5 \text{ МПа}$$

предел выносливости при симметричном числе кручений, МПа

$$\tau_{-1} = 0,25 \cdot \sigma_B \text{ МПа,}$$

$$\tau_{-1} = 0,25 \cdot 1010 = 252,5 \text{ МПа}$$

Эффективные коэффициенты концентрации напряжений с учетом формы сечения вала (шпоночные канавки) при изгибе $k\sigma_\phi = 2,0$; при кручении $k\sigma_\phi = 1,7$.

Соответственно, эффективные коэффициенты концентрации напряжения от состояния поверхности вала $k\sigma_n = 1,08$.

Общие эффективные коэффициенты концентрации напряжений.

$$k\sigma = k\sigma_\phi + k\sigma_n - 1 = 2 + 1,08 - 1 = 2,08,$$

$$k\tau = k\tau_\phi + k\tau_n - 1 = 1,7 + 1,08 - 1 = 1,78$$

Коэффициенты влияния симметрии угла напряжений на прочность вала при изгибе и кручении.

$$\varphi_\sigma = 0,1;$$

$$\varphi_\tau = 0,05;$$

Момент сопротивления сечения вала при изгибе

$$W_{\text{нетто}} = \frac{\pi \cdot d^3}{32} - \frac{b \cdot t \cdot (d-z)^2}{2 \cdot d},$$

где $b=8$ – ширина шпоночной канавки, мм.;

$t=4$ – высота шпоночной канавки, мм.

$$W_{\text{нетто}} = \frac{3,14 \cdot 0,09^3}{32} - \frac{0,004 \cdot 0,008 \cdot (0,09 - 0,005)^2}{2 \cdot 0,09} = 6,01 \cdot 10^{-5}$$

Момент сопротивления сечения вала при кручении

$$W_{\text{нетто}} = \frac{\pi \cdot d^3}{16} - \frac{b \cdot t \cdot (d-z)^2}{2 \cdot 0,09} = 12,02 \cdot 10^{-5},$$

| | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------|
| | | | | | Лист |
| | | | | | 58 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | |

КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16)

Напряжения изгиба в сечении:

$$\sigma_u = \frac{M_u}{W_{\text{нетто}}} = 59,2 \text{ МПа},$$

Так как напряжение изгиба изменяется по симметричному циклу, то среднее напряжение цикла $\sigma_m = 0$, а амплитуда цикла $\sigma_a = \sigma_u$;

Напряжение кручения в сечении:

$$\tau_k = \frac{T}{W_{\text{нетто}}} = 20,9 \text{ МПа},$$

Так как напряжение кручения изменяется по нулевому циклу, то амплитуда цикла при кручении и среднее напряжение цикла при кручении.

$$\tau_a = \tau_T = 0,5 \cdot \tau_k = 0,5 \cdot 20,9 = 10,5 \text{ МПа}$$

Коэффициент запаса прочности вала по изгибу

$$n_\sigma = \frac{\tau_{-1}}{(k_T)g\sigma_a + \psi_T \tau_T} = 3,6$$

Коэффициент запаса прочности вала при кручении

$$n_\tau = \frac{\tau_{-1}}{(k_T)g\tau_a + \psi_T \tau_T} = 12,9$$

Общий коэффициент запаса

$$n = \frac{n_\sigma \times n_\tau}{\sqrt{n_\sigma^2 + n_\tau^2}} = 3,2$$

Так как общий коэффициент запаса удовлетворяет требованиям прочности (больше 3), то никаких изменений в конструкцию вала вносить не надо.

5.3. Расчет на прочность и жесткость винтовых пружин

В торцовом уплотнении завода-изготовителя насоса используется $k = 8$ винтовых пружин круглого сечения, диаметр витков $d = 1$ [мм], средний диаметр пружины $D = 6$ [мм], модуль сдвига $G = 80 \cdot 10^{-9}$ [Па], количество витков пружины $i = 7$, материал – сталь с $[\sigma] = 580 \cdot 10^6$ [Па].

Допускаемая нагрузка для винтовой пружины круглого сечения [5]:

$$P_1 = [\sigma] \cdot \frac{\pi \cdot d^3}{8 \cdot D} = 38 \text{ [H]};$$

Допускаемая нагрузка всех пружин торцового уплотнения:

$$P = P_1 \cdot k = 304 \text{ [H]};$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 59 |

Осадка в связи с деформацией одного витка винтовой пружины:

$$\lambda = \frac{8 \cdot P \cdot D^3 \cdot i}{G \cdot d^4} = 5,7 \text{ [мм]};$$

5.4. Силовой расчет торцового уплотнения

[Для данного расчета была использована литература в списке под номерами 11 – 12]

Выбор конструктивных параметров и материалов для изготовления торцовых уплотнений определяют исходя из двух основных требований — минимум утечек; и минимум износа пары трения. Последнее может иметь место при оптимальном режиме трения контактирующих поверхностей колец. В своем расчете буду учитывать оба этих фактора.

Определим конструктивные параметры уплотнения, а также количество тепла, выделяемое при трении контактных пар, так как температура контактных пар влияет на режим смазки трущихся поверхностей. Методика расчета выбрана из [9] источника.

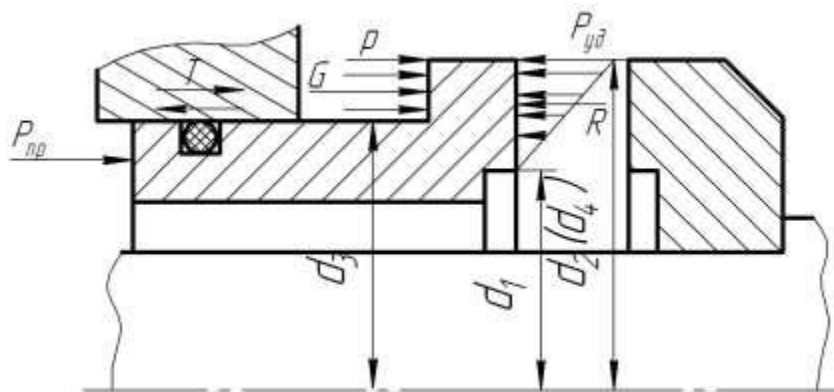


Рис. 20 - Схема действия основных сил, приложенных к аксиально-подвижному кольцу

Результирующая всех сил, действующих на подвижное в осевом направлении кольцо, должна обеспечить работу торцового уплотнения без утечки при разделении контактирующих поверхностей лишь граничной пленкой смазки. В соответствии с рисунком 3.2.1 результирующая сила:

$$W = G - R + P_{пр} \pm T;$$

где $G = p \cdot f$ — усилие от давления уплотняемой среды, действующее на гидравлически неуравновешенную площадь кольца подвижного в осевом направлении;

$R = p_{cp} \cdot F$ — расклинивающее усилие, действующее на контакте пары трения (p_{cp} — среднее давление жидкости в щели);

$P_{пр}$ — усилие сжатия пружины;

T — сила трения кольца подвижного в осевом направлении о корпус уплотнения;

$A = \frac{\pi}{4} \cdot (d_2^2 - d_1^2)$ - площадь контакта прилегающих поверхностей колец пар трения;

$f = \frac{\pi}{4} \cdot (d_4^2 - d_3^2)$ - площадь, на которую действует давление жидкости, прижимающее подвижное в осевом направлении кольцо пары трения к неподвижному.

Выражение можно переписать:

$$p_{уд} = p \cdot \left(\frac{f}{F} - \frac{p_{cp}}{p} \right) + p_{п};$$

где $\frac{f}{F} = k$ называют коэффициентом гидравлического уравнивания, а обратную величину $\frac{F}{f} = \frac{1}{k}$ — степень разгрузки;

$p_{уд} = \frac{P}{F}$ называют удельным нагружением (удельным давлением);

$$P_{п} = \frac{(P_{пр} \pm T)}{F};$$

Как видно коэффициент гидравлического уравнивания зависит от конструктивных размеров уплотнения. Методом подбора определим оптимальные размеры уплотнения. На практике сила трения об уплотняющий элемент мала по сравнению с силами гидростатического давления $T = 0$.

При конструировании торцового уплотнения обычно считают, что поверхность трения вращающегося и неподвижного колец установлена строго перпендикулярно и концентрично к оси вращения вала, что поверхности абсолютно плоские и падение давления в щели происходит по линейному закону, следовательно

$$p_{cp} = 0.5 \cdot p = 4;$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТІМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 61 |

Выражение (3.64) можно переписать

$$p_{уд} = p \cdot (k - 0,5) + p_{п};$$

Из уравнения (3.67) следует, что удельное нагружение пары трения можно изменять путем изменения удельного усилия пружин $p_{п}$ и коэффициента гидравлического уравнивания k .

Поскольку распределение давления в зазоре по радиусу нелинейно, коэффициент гидравлического уравнивания обычно выбирают больше 0,5 ,

так как в противном случае расклинивающая сила окажется преобладающей над усилием пружин и отождет аксиально-подвижное кольцо, что приведет к нарушению герметичности уплотнения.

Нелинейность распределения давления в зазоре усугубляется клиновидностью зазора в радиальном направлении вследствие погрешностей изготовления или деформаций колец под действием температуры или сил давления. В результате нарушается баланс действующих сил, что сопровождается либо потерей герметичности уплотнением, либо сухим режимом трения.

Коэффициент гидравлического уравнивания рекомендуется принимать $0.55 < k \leq 0.6$ при давлении уплотняемой среды от 10 кгс/см² и выше. При давлениях уплотняемой среды ниже 10 кгс/см² коэффициент гидравлического уравнивания следует выбирать несколько выше, чтобы обеспечить надежный запас гидравлического прижатия пары трения.

Торцовое уплотнение при высоких давлениях уплотняемых вязких сред (нефть, масло и др.) надежно работает при $k \approx 0.5$. Контактное давление в этом случае создается за счет усилия пружин. При такой конструкции торцового уплотнения изменение (колебание) давления уплотняемой среды не вызывает изменения удельного нагружения, чем обеспечивается герметичность уплотнения и разделение контактирующих поверхностей граничной пленкой смазки, сила трения в паре — минимальная.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 62 |

Определим конструктивные размеры модернизированного уплотнения:

$$d1=129 \text{ мм};$$

$$d2=140 \text{ мм};$$

$$d3=134 \text{ мм};$$

$$d4=140 \text{ мм}.$$

Коэффициент гидравлического уравнивания:

$$k = \frac{\frac{\pi}{4} \cdot (d_4^2 - d_3^2)}{\frac{\pi}{4} \cdot (d_2^2 - d_1^2)} = \frac{d_4^2 d_3^2}{d_2^2 d_1^2} = 0,56;$$

Определим удельные нагрузки в торцевом уплотнении, принимая усилие создаваемое винтовыми пружинами $F_{\text{п}} = 304 \text{ Н}$.

$$p_{\text{п}} = \frac{F_{\text{п}}}{\frac{\pi \cdot (d_2^2 - d_1^2)}{4}} = 130875 \text{ Па}$$

где d_2 и d_1 – диаметры рабочей поверхности контактного кольца, мм;

$$p_{\text{уд}} = p \cdot (0.53 - 0.5) + P_{\text{п}} = 370875 \text{ Па};$$

Для надежной работы уплотнения удельная нагрузка должна быть $p_{\text{УД}} \geq 0,2 \text{ МПа}$.

Мощность, теряемая на трение в торцевом уплотнении, складывается из мощности - $N_{\text{Д}}$, затрачиваемой на трение вращающихся деталей уплотнения о жидкость, и мощности $N_{\text{ТР}}$, затрачиваемой на трение контактирующих поверхностей:

$$N = N_{\text{Д}} + N_{\text{ТР}},$$

Мощность, затрачиваемая на трение вращающихся деталей о жидкость, составляет незначительные затраты мощности торцевого уплотнения и при расчетах ею пренебрегают. Преобладающей для торцевого уплотнения является мощность, затрачиваемая на трение контактирующих поверхностей.

Ее определяют по формуле:

$$N_{\text{ТР}} = M_{\text{ТР}} \cdot \omega,$$

где $\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}$ - угловая скорость вращения контактного кольца пары трения;

$M_{\text{ТР}}$ – момент пары трения в контакте.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 63 |

Момент пары трения на контакте пары:

$$M_{TP} = f_T \cdot p_{уд} \cdot \frac{\pi \cdot D_{CP}^2}{2} \cdot b,$$

где f_T - коэффициент трения;

D_{CP} - средний диаметр контактирующих поверхностей колец пары трения;

b - ширина контактирующей поверхности.

Подставив и приняв $f_T = 0,02$ [2], получим:

$$N_{TP} = D_{CP} \cdot b \cdot f_T \cdot p_{уд} \cdot \frac{\omega \cdot D_{CP}}{2}$$

$$N_{TP} = \pi \cdot \frac{d_2 + d_1}{2} \cdot (d_2 - d_1) \cdot f_T \cdot p_{уд} \cdot \frac{\pi \cdot n \cdot \left(\frac{d_2 + d_1}{2}\right)}{60}$$

$$N_{TP} = 3186 \text{ Вт}$$

Удельная мощность, теряемая на трение в торцовом уплотнении, отнесенная к площади контакта пары трения:

$$N_{уд} = \frac{N_{TP}}{F} = \frac{N_{TP}}{\frac{\pi \cdot (d_2^2 - d_1^2)}{4}} = 685806 \text{ Вт/м}^2$$

Мощность, теряемая на трение в торцовом уплотнении, вызывает нагрев контактирующих поверхностей, что ухудшает условие их смазки, приводит к термическим напряжениям и деформациям. Поэтому потери мощности на трение, естественно, нужно сводить к минимуму и обеспечить интенсивный теплоотвод от контактирующих поверхностей.

5.5. Расчет утечек в торцовом уплотнении

Величина утечки, определяющая степень герметичности торцового герметизатора, является одной из основных характеристик последнего. Расчет величины утечки сопряжен с рядом трудностей. В частности, для расчета необходимы сведения о режиме трения, который зависит от большого числа факторов, определяющих процессы в зоне контакта пары трения [5].

Наименьшей утечкой, как правило, характеризуются нагруженные торцовые герметизаторы, режим трения в зоне контакта которых близок к сухому или граничному режиму трения.

Величина утечки не зависит от радиальной ширины зоны контакта пары трения и вязкости среды, увеличивается пропорционально квадрату зазора и уменьшается пропорционально квадрату давления. Майер объясняет это изменением объема пустот и микроканалов, образованных шероховатыми поверхностями, вследствие изменения их площади при пластическом деформировании выступов под действием нагрузки, что подтверждается его экспериментами при изменении зазора.

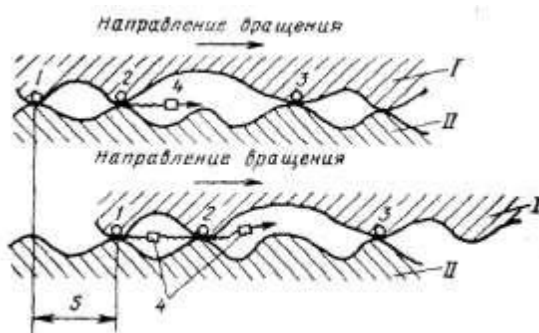


Рис. 21 - Схема проникновения утечки через зону контакта пары трения нагруженного торцового герметизатора:

I — движущаяся поверхность; II — неподвижная поверхность; 4 — частица жидкости (утечка)

Для определения утечек зададимся некоторыми параметрами перекачиваемой жидкости:

- плотность перекачиваемой жидкости $\rho_{ж} = 1000 \text{ кг/м}^3$;
- кинематическая вязкость перекачиваемой жидкости $\eta_{ж} = 1 \text{ сСт}$.

С учетом вращения одного из колец пары трения и кривизны колец формула определения утечек принимает вид [2]:

$$q = \frac{\pi \cdot h^3}{6 \cdot \eta_{ж} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1}} \cdot [0.0375 \cdot \rho_{ж} \cdot \omega^2 \cdot (d_2^2 - d_1^2) - (p_1 - p_2)], \text{ кг/с}$$

где $h = Rz + b1$ - величина зазора, которая складывается из шероховатости поверхности $Rz = 0.1 \text{ мкм}$ и толщины слоя жидкости между контактными парами $b1$ выбирается в зависимости от значений удельного давления в торцевом уплотнении и частоты вращения вала насоса по рисунку 3.2 [2];

p_1, p_2 – давление на выходе и на входе в торцовое уплотнения, МПа.

Давление на выходе из зазора между контактными парами будет равно атмосферному $p_1 = 0.1 \cdot 10^6$ Па, а на входе в зазор - давлению на выходе насоса

$$p_2 = 8$$

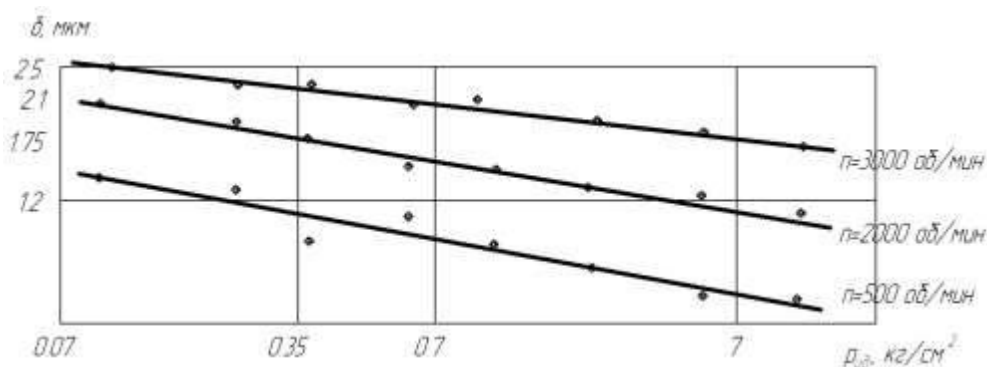


Рис. 22 – Результаты испытаний насоса

$$q = 0,000043378$$

Приведем массовые утечки к объемным, $\text{см}^3/\text{ч}$:

$$q = \frac{q_m \times 3600}{\rho_{\text{ж}}} \cdot 10^{-6} = 126 \text{ см}^3/\text{ч};$$

Норма утечек торцевого уплотнения в высоконапорных насосах составляет

$q < 300 \text{ см}^3/\text{ч}$. Полученные утечки удовлетворяют нормативным, поэтому торцовое уплотнение целесообразно внедрять.

Вывод:

Исходя из полученных результатов расчета, был подобран центробежный насос ЦНС-180 1185 для действующего нефтяного месторождения Западная Катыльга.

Характеристики данного насоса представлены в Таблице – 1 на странице 34.

6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

SWOT-анализ

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Дадим трактовку каждому из этих понятий.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в табличной форме (табл. 1).

Таблица 3

Матрица SWOT

| | | |
|---|--|---|
| | Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Наличие бюджетного финансирования; С2. Расчет толщины масляного слоя, обеспечивающего жидкостное трение, при заданных условиях работы насоса; С3. Наличие данных по анализу виброперемещений при работе центробежного насоса ЦНС-180 1185; С4. Отсутствие необходимости закупки материалов и комплектующих; С5. Квалифицированный персонал. | Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие возможности проверки результатов исследования с помощью практических опытов; Сл2. Допущения, производимые при расчетах; Сл3. Отсутствие учета износа поверхностей рабочего колеса; Сл4. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с результатами исследования; Сл5. Неоднозначность в определении причин вибрации. |
| Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ; В2. Сотрудничество с предприятием-изготовителем центробежных насосов; | | |

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | | Лист |
| | | | | | | 67 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | |

| | | |
|--|--|--|
| В3. Сотрудничество с предприятием, эксплуатирующим исследуемый центробежный насос ЦНС-180 1185; В4. Получение гранта для дальнейших исследований; В5. Повышение стоимости конкурентных исследований. | | |
| Угрозы: У1. Отсутствие спроса на результаты исследования; У2. Развитая конкуренция технологий; У3. Снижение бюджета на исследование; У4. Недостаточная точность расчетов, обусловленная упрощениями при их проведении; У5. Отсутствие экономической обоснованности применения результата исследования. | | |

После того как сформулированы четыре области SWOT переходим к реализации второго этапа.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Интерактивная матрица проекта представлена в табл. 2, табл. 3, табл. 4, табл. 5.

Таблица 4

Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

| Сильные стороны проекта | | | | | | |
|-------------------------|----|----|----|----|----|----|
| Возможности проекта | | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
| | B1 | + | - | - | - | + |
| | B2 | - | - | + | + | 0 |
| | B3 | - | + | + | + | 0 |
| | B4 | - | 0 | 0 | + | + |
| | B5 | - | - | + | + | - |

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и сильные стороны проекта: B1C1C5, B2C3C4, B3C2C3C4, B4C4C5, B5C3C4.

Таблица 5

Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта

| Слабые стороны проекта | | | | | | |
|------------------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Возможности проекта | | Сл1 | Сл2 | Сл3 | Сл4 | Сл5 |
| | B1 | - | - | - | - | - |
| | B2 | - | - | - | - | + |
| | B3 | - | + | + | - | + |
| | B4 | + | + | 0 | + | + |
| | B5 | - | 0 | - | - | 0 |

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и слабые стороны проекта: B2Сл5, B3Сл2Сл3Сл5, B4Сл1Сл2Сл4Сл5.

Таблица 6

Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

| Сильные стороны проекта | | | | | | |
|-------------------------|----|----|----|----|----|----|
| Угрозы проекта | | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
| | У1 | - | - | - | - | - |
| | У2 | - | - | + | - | - |
| | У3 | - | - | - | - | - |
| | У4 | - | + | 0 | - | - |
| | У5 | - | - | - | - | - |

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: У2С3, У4С2.

Таблица 7

Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

| Слабые стороны проекта | | | | | | |
|------------------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Угрозы проекта | | Сл1 | Сл2 | Сл3 | Сл4 | Сл5 |
| | У1 | + | + | + | + | + |
| | У2 | + | + | + | - | + |
| | У3 | 0 | 0 | 0 | - | + |
| | У4 | - | + | + | - | + |
| | У5 | 0 | - | - | 0 | - |

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: У1Сл1Сл2Сл3Сл4Сл5, У2Сл1Сл2Сл3Сл5, У3Сл5, У4Сл2Сл3Сл5.

Каждая из записей представляет собой направление реализации проекта.

В рамках третьего этапа составляем итоговую матрицу SWOT-анализа, которая приводится в бакалаврской работе (табл. 6).

Таблица 8

SWOT-анализ

| | | |
|---|--|--|
| | Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Наличие бюджетного финансирования; С2. Расчет толщины масляного слоя, обеспечивающего жидкостное трение, при заданных условиях работы насоса; С3. Наличие данных по анализу виброперемещений при работе насоса ЦНС 180 1185; С4. Отсутствие необходимости закупки материалов и комплектующих; С5. Квалифицированный персонал. | Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие возможности проверки результатов исследования с помощью практических опытов; Сл2. Допущения, производимые при расчетах; Сл3. Отсутствие учета износа поверхностей трения рабочего колеса; Сл4. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с результатами исследования; Сл5. Неоднозначность в определении причин вибрации. |
| Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры | Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»: В1С1С5 – использование | Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»: |

Лист

КТІМ-622.276.652:622.807.4(571.16)

70

| | | |
|--|--|--|
| <p>ТПУ;</p> <p>В2. Сотрудничество с предприятием-изготовителем центробежных насосов;</p> <p>В3. Сотрудничество с предприятием, эксплуатирующим исследуемый центробежный насос ЦНС-180 1185;</p> <p>В4. Получение гранта для дальнейших исследований;</p> <p>В5. Повышение стоимости конкурентных исследований.</p> | <p>инновационной инфраструктуры ТПУ для проведения научного исследования предполагает возможности для реализации бюджетного финансирования с вовлечением квалифицированного персонала;</p> <p>В2С3С4 - Сотрудничество с предприятием-изготовителем позволяет провести более глубокое исследование причин повышенной вибрации при использовании материалов и оборудования предприятия-изготовителя;</p> <p>В3С2С3С4 - Сотрудничество с предприятием, эксплуатирующим насос, подразумевает практическое подтверждение или опровержение результатов расчетов, более глубокое исследование причин повышенной вибрации при проведении исследований на предоставленном предприятием оборудовании;</p> <p>В4С4С5 - Отсутствие необходимости закупки материалов и комплектующих подразумевает незначительные размеры требуемых капиталовложений, что, как и высокая квалификация персонала, увеличивает возможности получения гранта;</p> <p>В5С3С4 – конкурентные исследования могут не обладать результатами анализа вибрации подшипников, что может повлечь за собой дополнительные расходы на его проведение. Отсутствие необходимости закупки материалов и комплектующих делает мое исследование более конкурентоспособным.</p> | <p>В2Сл5 – предприятие-изготовитель, возможно, не будет заинтересовано в сотрудничестве по поиску решений, исключающих вибрацию, при неоднозначном определении ее причин;</p> <p>В3Сл2Сл3Сл5 - предприятие, эксплуатирующее насос, может не быть заинтересованно в исследовании проблемы, причины которой неоднозначно обозначены, допускающем некоторые упрощения при расчетах и исключающем учет некоторых факторов. Оценки важности этих факторов мной и предприятием могут не совпадать.</p> <p>В4Сл1Сл2Сл4Сл5 – для получения гранта важны возможности практического применения результатов исследования, следовательно, исходные данные для расчетов должны соответствовать условиям эксплуатации компрессора.</p> |
| | | |

| | | |
|---|---|--|
| <p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на результаты исследования;</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий;</p> <p>У3. Снижение бюджета на исследование;</p> <p>У4. Недостаточная точность расчетов, обусловленная упрощениями при их проведении;</p> <p>У5. Отсутствие экономической обоснованности применения результата исследования.</p> | <p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»:</p> <p>У2С3 – конкурентные исследования могут обладать более точными данными по анализу виброперемещения, что может позволить провести более глубокий анализ и точно определить причину вибрации;</p> <p>У4С2 – при проведении расчета толщины масляного слоя производились допущения и упрощения, что снижает точность расчетов.</p> | <p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»:</p> <p>У1Сл1Сл2Сл3Сл4Сл5 - отсутствие спроса на результаты исследования может быть обусловлено влиянием на точность расчетов упрощений и допущений, а также проблемы проверки потенциальными потребителями результатов исследования на своих насосах;</p> <p>У2Сл1Сл2Сл3Сл5 – конкурентные исследования могут быть проведены с более высокой точностью и более глубоким анализом причин вибрации;</p> <p>У3Сл5 – снижение бюджета может быть обусловлено недостаточностью анализа проблемы;</p> <p>У4Сл2Сл3Сл5 - недостаточная точность расчетов может быть обусловлена влиянием на точность расчетов упрощений и допущений, а также неверным определением причин исследуемой проблемы.</p> |
|---|---|--|

Планирование научно-исследовательских работ

Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в табл. 7.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТІМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 73 |

Таблица 9 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей.

| Основные этапы | № раб | Содержание работ | Должность исполнителя |
|---|-------|--|-------------------------|
| Разработка технического задания | 1 | Составление и утверждение технического задания | Руководитель |
| Выбор направления исследований | 2 | Выбор направления исследований | Руководитель |
| | 3 | Подбор и изучение литературы по теме | Дипломник |
| | 4 | Календарное планирование работ по теме | Руководитель, дипломник |
| Теоретические и расчетные исследования | 5 | Поиск необходимых технических решений для повышения эффективности системы ППД | Дипломник |
| | 6 | Проведение расчетов по подбору центробежного насоса, исходя из данных действующей скважины | Дипломник |
| Обобщение и оценка результатов | 7 | Оценка результатов исследования | Руководитель, дипломник |
| Оформления отчета по исследовательской работе | 8 | Составление пояснительной записки | Руководитель, дипломник |

Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаях образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости t_{oji} используется следующая формула:

$$t_{oji} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5},$$

где t_{oji} – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из

рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}},$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

где $T_{\text{кал}} = 365$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}} = 104$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}} = 14$ – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48.$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} округляем до целого числа. Все рассчитанные значения сводим в таблицу (табл. 8).

Таблица 10 – Временные показатели проведения научного исследования

| Название работы | Трудоемкость работ | | | Исполнители | Длительность работ в рабочих днях, T_{pi} | Длительность работ в календарных днях, T_{ki} |
|--|---------------------|---------------------|--------------------|-----------------|---|---|
| | t_{min} , чел-дни | t_{max} , чел-дни | $t_{ож}$, чел-дни | | | |
| Составление и утверждение технического задания | 1 | 3 | 1,8 | Руков. | 2 | 3 |
| Выбор направления исследования | 8 | 12 | 9,6 | Руков. | 10 | 15 |
| Подбор и изучение литературы по теме | 7 | 14 | 9,8 | Дипл. | 10 | 15 |
| Календарное планирование работ по теме | 1 | 3 | 1,8 | Руков. дипл. | 1 | 2 |
| Поиск необходимых технических решений для повышения эффективности системы ППД | 12 | 16 | 13,6 | Дипл. | 14 | 21 |
| Проведение расчетов по подбору центробежного насоса, исходя из данных действующей скважины | 3 | 7 | 4,6 | Дипл. | 5 | 8 |
| Оценка результатов исследования | 3 | 9 | 5,4 | Руков. дипл. | 6 | 9 |
| Составление пояснительной записки | 7 | 14 | 9,8 | Руков. дипл. | 10 | 15 |

На основе таблицы 8 строим план-график

Таблица 11 – Календарный план-график проведения НИР по теме

| № | Вид работ | Исполнители | Т _{кi} , кал. дни | Продолжительность выполнения работ | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------|-----------------|----------------------------------|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|-------------|-------------|-------------|---|---|--|
| | | | | Фев. | | Март | | | Апрель | | | Май | | | |
| | | | | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | Составление ТЗ | Руков. | 3 | <div></div> | | | | | | | | | | | |
| 2 | Выбор направления | Руков. | 15 | | <div></div> | | | | | | | | | | |
| 3 | Изучение литературы | Дипл. | 15 | | | <div></div> | | | | | | | | | |
| 4 | Планирование работ | Руков. дипл. | 2 | | | | <div></div> | | | | | | | | |
| 5 | Поиск технических решений | Дипл. | 21 | | | | | <div></div> | | | | | | | |
| 6 | Проведение расчетов | Дипл. | 8 | | | | | | | <div></div> | | | | | |
| 7 | Оценка результатов | Руков. дипл. | 9 | | | | | | | | <div></div> | | | | |
| 8 | Пояснительная записка | Руков.д ипл. | 15 | | | | | | | | | <div></div> | | | |

■ - руководитель, □ - дипломник.

Бюджет научно-технического исследования

Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в табл. 10.

Таблица 12 – Расчет основной заработной платы

| № п/п | Наименование этапов | Исполнители по категориям | Трудоемкость, чел.-дн. | Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб. | Всего заработная плата по тарифу(окладам), тыс. руб. |
|-------|--|---------------------------|------------------------|--|--|
| 1 | Составление и утверждение технического задания | Руководитель | 1,8 | 3,83 | 6,89 |
| 2 | Выбор направления исследования | Руководитель | 9,6 | 3,83 | 36,77 |
| 3 | Подбор и изучение литературы по теме | Дипломник | 9,8 | 0,23 | 2,25 |
| 4 | Календарное планирование работ по теме | Руководитель , дипломник | 1,8 | 4,06 | 7,31 |
| 5 | Поиск необходимых технических решений для повышения эффективности системы ППД | Дипломник | 13,6 | 0,23 | 3,13 |
| 6 | Проведение расчетов по подбору центробежного насоса, исходя из данных действующей скважины | Дипломник | 4,6 | 0,23 | 1,06 |
| 7 | Оценка результатов исследования | Руководитель , дипломник | 5,4 | 4,06 | 21,92 |
| 8 | Составление пояснительной записки | Руководитель , дипломник | 9,8 | 4,06 | 39,79 |
| Итого | | | | | 119,01 |

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} ,$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$).

$$З_{доп} = 0,15 * З_{осн}.$$

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = T_p \cdot З_{дн}$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. ;

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_{м} * М}{F_{д}},$$

где $З_{м}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

$М$ – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $М = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $М = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{д}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 13 – Баланс рабочего времени

| Показатели рабочего времени | Руководитель | Дипломник |
|--|--------------|-----------|
| Календарное число дней | 365 | 365 |
| Количество нерабочих дней | | |
| - выходные | 104 | 104 |
| - праздничные | 14 | 14 |
| Потери рабочего времени | | |
| - отпуск | 48 | 72 |
| - невыходы по болезни | | |
| Действительный годовой фонд рабочего времени | 199 | 175 |

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} * (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) * k_{\text{р}},$$

где $З_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{\text{тс}}$);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15- 20 % от $З_{\text{тс}}$);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для г. Томска).

Таблица 14 – расчет основной заработной платы

| Исполнители | З _{тс} , руб. | k _{пр} | k _д | k _р | З _м , руб. | З _{дн} , руб. | T _р , раб. дн. | З _{осн} , руб. |
|------------------------|------------------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------------|------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Руководитель | 33162,87 | 0,3 | 0,4 | 1,3 | 73289,94 | 3830,23 | 29 | 111076,7 |
| Дипломник | 3000 | 0 | 0 | 1,3 | 3900 | 231,77 | 46 | 10661,4 |
| Итого З _{осн} | | | | | | | | 121738,1 |

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} * (З_{осн} + З_{доп}),$$

где k_{внеб} – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). На 2014 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%

Таблица 15 – отчисления во внебюджетные фонды

| Исполнитель | Основная заработная плата, руб | Дополнительная заработная плата, руб |
|--|--------------------------------|--------------------------------------|
| | Исп. 1 | |
| Руководитель | 111076,7 | 16661,5 |
| Дипломник | 10661,4 | 1599,2 |
| Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды | 0,271 | |
| Итого | | |
| Отчисления во внебюджетные фонды, руб. | 37939,7 | |

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Таблица 16 – Расчет бюджета затрат НТИ

| Наименование статьи | Сумма, руб. | Примечание |
|---|-------------|--------------------|
| | Исп. 1 | |
| 1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы | 121738,1 | |
| 2. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы | 18260,7 | 15% от 1 |
| 3. Отчисления во внебюджетные фонды | 37939,7 | 27,1% от суммы 1-2 |
| 4. Накладные расходы | 28470,2 | 16% от суммы 1-3 |
| 5. Бюджет затрат НТИ | 206408,7 | Сумма ст. 1-4 |

7. Социальная ответственность

Шум и вибрация на производстве

С физической точки зрения звук - это механические колебания, распространяющиеся в виде волн в газообразной, жидкой или твердой среде. Звуковые волны возникают при нарушении стационарного состояния среды под воздействием на нее какой-либо возмущающей силы.

В то же время шумом принято считать всякий нежелательный для человека звук. Таким образом, звуковые волны могут нести как полезную для оператора информацию, например, о ходе технологического процесса, так и оказывать отрицательное (а иногда и вредное) воздействие.

Источником звуковых колебаний обычно является колеблющееся тело, которое преобразует какую-либо форму энергии в колебания. Этот процесс может представлять собой механическое воздействие на твердое тело, сообщение колебаний воздушному столбу под действием струи сжатого воздуха (свисток или труба) или электромагнитное воздействие на стальную мембрану (электромеханический источник, например телефон) или на кристалл (пьезоэлектрический источник).

Звуковые колебания характеризуются следующими физическими параметрами.

Скорость распространения звуковой волны - зависит от характеристик среды. При нормальных атмосферных условиях ($T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $P_{\text{ст}} = 1034\text{ гПа}$) скорость звука в воздухе равна - 344 м/с. Скорость звука в воде составляет примерно 1500 м/с, в резине 30 м/с, в кирпиче 2500 - 3000 м/с, а в металлах от 4000 до 6000 м/с.

Пространство, в котором распространяются звуковые волны, называется звуковым полем. Давление и скорость движения частиц воздуха в каждой точке звукового поля изменяются во времени. Звуковые волны возбуждают колебания частиц воздушной среды, в результате чего изменяется атмосферное давление.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 85 |

Это атмосферное давление по сравнению с давлением, существующим в невозмущенной среде, называют звуковым давлением (p) и измеряют в Н/м² - Паскалях (Па).

Частота звука определяется числом колебаний звукового давления в секунду и измеряется в герцах. По частоте звуковые колебания подразделяются на три диапазона; инфразвуковые с частотой колебаний менее 20 Гц, звуковые - от 20 до 20000 Гц и ультразвуковые - более 20000 Гц. Звуковой диапазон принято подразделять на низкочастотный - до 400 Гц, среднечастотный - от 400 до 1000 Гц и высокочастотный - свыше 1000 Гц.

При распространении звуковой волны переносится звуковая энергия. Средний поток звуковой энергии в единицу времени, отнесенный к единице поверхности, перпендикулярной к направлению распространения волны, называется интенсивностью, или силой звука в данной точке. Интенсивность измеряется в Вт/м². Интенсивность звука не поддается непосредственному измерению ни одним из известных способов.

Существующие приборы позволяют измерить лишь звуковое давление по его воздействию на микрофон. Имея значение звукового давления, интенсивность звука можно определить расчетным путем. Звуковое давление и интенсивность связаны квадратичной зависимостью

$$I = \frac{p^2}{\rho c}$$

где ρ - плотность среды, кг/м³; c - скорость распространения звука в этой среде, м/с.

Произведение ρc называют импедансом Z или акустическим сопротивлением среды. Его значение для данной среды может быть принято постоянным. Для воздуха, приняв $\rho = 1,29$ кг/м³ и $c = 344$ м/с, получим $Z = 443$ кг/(м²с).

Человек способен воспринимать звуки в очень широком диапазоне изменения звукового давления и интенсивности.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 86 |

По давлению - от $2 \cdot 10^{-5}$ Па на частоте 1000 Гц (абсолютный порог слышимости) до $2 \cdot 10^2$ Па (болевого порог), а по интенсивности от 10^{-12} Вт/м² до 10^4 Вт/м² соответственно. То есть болевой порог превышает порог слышимости по звуковому давлению в 10^7 раз, а по интенсивности в 10^{16} раз. Эти соотношения определяют динамический диапазон воспринимаемых звуков.

Восприятие звука слуховым аппаратом определяется не столько абсолютными значениями звукового давления и интенсивности звука, сколько логарифмом их отношения к пороговым значениям. Для количественной оценки понятие уровня, определяемого в децибелах (дБ).

$$L = 101g\left(\frac{I}{I_0}\right) = 201g\left(\frac{p}{p_0}\right) \text{ (дБ)},$$

где I и p - соответственно интенсивность и звуковое давление в данной точке; I_0 и p_0 - их пороговые значения, соответствующие вышеприведенным значениям для порога слышимости.

Использование шкалы децибел весьма удобно, так как весь диапазон слышимых звуков от порога слышимости до болевого ощущения, составляет 140 дБ.

Величина уровня интенсивности звука используется при акустических расчетах, а уровня звукового давления - при измерении шума и оценки его воздействия на человека.

В случае, когда в данную точку попадает шум от нескольких источников, складывают их интенсивности, но не уровни.

Если имеется n одинаковых источников шума с уровнем звукового давления, создаваемого каждым из них L_i , то суммарный уровень шума равен

$$L = L_i + 101g(n) \text{ (дБ)}.$$

Из этой формулы видно, что два одинаковых источника вместе создадут уровень шума на 3дБ больший, чем каждый в отдельности (так как $1g2 = 0,3$).

Кроме того, при большом числе одинаковых источников устранение лишь нескольких из них практически не ослабит суммарный шум. Если же на рабочее место попадает шум от разных по интенсивности источников, то в первую очередь необходимо бороться с шумом от наиболее мощного.

Область слышимых звуков ограничивается не только определенным частотным диапазоном (20-20000 Гц), но и определенными предельными значениями звуковых давлений.

При нормировании и для оценки воздействия шума на человеческий организм используют спектральные характеристики шума. Под спектром шума понимают распределение уровня звукового давления (или уровня звуковой мощности) в пределах диапазона слышимых звуков, т.е. от 20 до 20000 Гц. Весь диапазон разбивают на интервалы (полосы), которые характеризуются граничными значениями частот f_n (нижняя граничная частота) и f_v (верхняя граничная частота).

В практике нормирования шума машин приняты октавные и 1/3-октавные полосы частот. Для первых отношение верхней граничной частоты к нижней равно двум $\frac{f_v}{f_n} = 2$ для вторых $\frac{f_v}{f_n} = \sqrt[3]{2}$. Вместо того, чтобы характеризовать интервал двумя граничными частотами, используют понятие среднегеометрической частоты $f_{сг} = \sqrt{f_v f_n}$. Каждая октавная полоса обозначается своей среднегеометрической частотой ($f_{сг}$): 31,5, 63, 125 ,..., 8000 Гц. Аналогично поступают и с 1/3-октавными полосами частот. Предпочтительные значения среднегеометрических частот, которые следует применять при акустических исследованиях установлены в ГОСТ 12090 «Частоты для акустических измерений. Предпочтительные ряды». В соответствии с применяемыми частотными интервалами введены понятия октавного и третьоктавного уровней звукового давления.

Действие шума и вибрации на организм человека

Шум является общебиологическим раздражителем и в определенных условиях может влиять на все органы и системы организма.

В зависимости от уровня и характера шума, его продолжительности, а также индивидуальных особенностей человека, последствия воздействия шума могут быть самыми разными.

Интенсивный шум при ежедневном воздействии приводит к возникновению профессионального заболевания - тугоухости. Основным симптомом тугоухости является постепенная потеря слуха. Первоначально она возникает в области высоких частот, далее тугоухость распространяется на более низкие частоты, определяющие способность воспринимать речь.

При очень большом звуковом давлении может произойти повреждение слухового аппарата, вплоть до разрыва барабанной перепонки.

Кроме непосредственного воздействия на органы слуха шум влияет на различные отделы головного мозга, нарушая нормальные процессы высшей нервной деятельности. Это воздействие возникает даже раньше, чем изменения в органе слуха. Характерными являются жалобы на повышенную утомляемость, общую слабость, раздражительность, апатию, ослабление памяти, потливость и т.п.

Под влиянием шума наступают изменения в органах зрения человека (снижается устойчивость ясного видения и острота зрения, изменяется чувствительность к разным цветам и др.) и вестибулярном аппарате; нарушаются функции желудочно-кишечного тракта; повышается внутричерепное давление и т.п.

Шум, особенно прерывистый, импульсный, ухудшает точность выполнения рабочих операций, затрудняет прием и восприятие информации.

В результате неблагоприятного воздействия шума на работающего происходит снижение производительности труда, увеличивается количество брака, создаются предпосылки к возникновению несчастных случаев.

Приближенно действие шума в зависимости от его уровня можно охарактеризовать следующим образом.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 89 |

Шум уровня 35-50 дБ оказывает в основном психологическое воздействие. Однако при длительном воздействии он может вызвать нарушение сна, усталость, понижение работоспособности.

Шум уровня 50-65 дБ вызывает раздражение, однако его последствия также носят лишь психологический характер (при длительном воздействии возможны изменения в вегетативной нервной системе). Особенно отрицательно сказывается воздействие шума малой интенсивности на умственную работу. Кроме того, психологическое воздействие шума зависит и от индивидуального отношения к нему. Так, шум, производимый самим человеком, не беспокоит его, в то время как небольшой посторонний шум может вызывать сильное раздражение.

При уровне шума 65-90 дБ возможно его физиологическое воздействие. Пульс и давление крови повышаются, сосуды сужаются, что снижает снабжение организма кровью, и человек быстрее устает. Может наблюдаться снижение порога слышимости, стресс, увеличение кожной проводимости, нарушение моторики желудочно-кишечного тракта.

Воздействие шума уровнем свыше 90 дБ приводит к нарушениям работы органов слуха, усиливается его влияние на систему кровообращения. При такой интенсивности ухудшается деятельность желудка и кишечника, появляются ощущения тошноты, головная боль и шум в ушах. Серьезным признаком ухудшения слуха, является ограниченность восприятия отдельных элементов разговорной речи. Во избежание потери слуха необходимо распознать его нарушение задолго до того, как выявится ограниченность в разборчивости речи, ибо при прогрессирующей стадии нарушения слуха медицинская помощь почти невозможна. Для исследования состояния слуха у людей, работающих в шумных цехах, необходимо проводить регулярные аудиометрические измерения, и по мере выявления каких-либо искажений порога слышимости принимать соответствующие меры.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 90 |

При уровне шума 120 дБ и выше (болевого порог) он может механически воздействовать на органы слуха - лопаются барабанные перепонки, нарушаются связи между отдельными частями внутреннего уха. В результате может наступить полная потеря слуха. Шум уровнем свыше 120 дБ оказывает механическое воздействие не только на органы слуха, но и на весь организм. Звук, проникая через кожу, вызывает механическое колебание тканей, в результате чего происходит разрушение нервных клеток, разрывы мелких кровеносных сосудов и др.

Физиологическое воздействие на организм человека могут оказывать и звуки, частота которых лежит за пределами восприятия органами слуха, т.е. инфра- и ультразвуки.

Инфразвук возникает при работе технологического оборудования или может представлять собой побочный эффект работы электрооборудования. Инфразвуковые колебания воспринимаются как физическая нагрузка: возникает нарушение пространственной ориентации, морская болезнь, а также пищеварительные расстройства, нарушения зрения, головокружение, нарушается периферическое кровообращение. Тяжесть воздействия зависит от диапазона частот, уровня звукового давления и длительности. Колебания с частотой 7 Гц препятствуют сосредоточению внимания и вызывают ощущение усталости, головную боль и тошноту. Наиболее опасны колебания частотой 8 Гц. Они могут вызывать явление резонанса системы кровообращения, приводящего к перегрузке сердечной мышцы, сердечному приступу или даже к разрыву некоторых кровеносных сосудов. Инфразвук небольшой интенсивности может служить причиной повышенной нервозности, вызывать депрессию.

Ультразвук представляет собой колебания упругой среды, имеющие одинаковую со звуком физическую природу, но отличающиеся более высокой частотой. Она значительно превышает верхнюю границу восприятия и составляет более 20000 Гц. У работающих с ультразвуковыми установками нередко наблюдаются функциональные нарушения нервной системы,

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 91 |

изменения давления и состава крови. Часты жалобы на головные боли, быструю утомляемость, потерю слуховой чувствительности.

Вибрация. Вредное воздействие на организм оказывает и вибрация, возникающая при работе технологического оборудования.

Согласно ГОСТ 24346-80 «Вибрация. Термины и определения» под вибрацией понимается движение точки или механической системы, при котором происходит поочередное возрастание и убывание во времени значений, по крайней мере, одной координаты.

Физическими характеристиками вибрации являются: амплитуда вибросмещения - наибольшее отклонение колеблющейся точки от положения равновесия; амплитуда колебательной скорости - максимальное значение скорости колеблющейся точки; амплитуда колебательного ускорения - максимальное значение ускорения колеблющейся точки; частота колебаний f .

Вибрацию, так же, как и шум, принято оценивать в уровнях вибросмещения, виброскорости, виброускорения по отношению к их пороговым значениям: вибросмещения $X_0 = 8 \cdot 10^{-12}$ м; виброскорости $V_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ м/с; виброускорения $A_0 = 10^{-6}$ м/с².

Человек начинает ощущать вибрацию при колебательной скорости, примерно равной $1 \cdot 10^{-4}$ м/с, а при скорости 1 м/с возникают болевые ощущения.

При непродолжительных воздействиях вибрации работник преждевременно утомляется, и производительность его труда снижается. Длительное воздействие вибрации может вызвать профессиональное заболевание - виброболезнь.

Особенно вредна вибрация с частотой, равной резонансной частоте колебаний тела работающего или отдельных его органов. Дело в том, что части тела и внутренние органы человека (голова, сердце, желудок и др.) можно рассматривать как колебательные системы с определенной массой, соединенные между собой упругими элементами. Частота собственных колебаний этих систем лежит в диапазоне 2-30 Гц.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| | | | | | | 92 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

Воздействие на организм человека внешних колебаний с такими же частотами вызывает резонансные колебания внутренних органов, их механические повреждения и даже разрывы.

В зависимости от способа передачи вибрации телу человека различают общую вибрацию, передающуюся на тело сидящего или стоящего человека через опорные поверхности тела, и локальную, передающуюся через руки.

Общая вибрация оказывает неблагоприятное воздействие на нервную систему, вестибулярный аппарат, сердечно-сосудистую систему, вызывает нарушения обмена веществ.

По источнику возникновения вибрации различают:

общую вибрацию 1 категории - транспортную вибрацию, воздействующую на операторов подвижных машин и транспортных средств при их движении по местности и дорогам;

общую вибрацию 2 категории - транспортно-технологическую вибрацию, воздействующую на операторов машин, перемещающихся только по специально подготовленным поверхностям производственных помещений и промышленных площадок;

общую вибрацию 3 категории - технологическую вибрацию, воздействующую на операторов стационарных машин или передающуюся на рабочие места, не имеющие источников вибрации. В зависимости от характеристики рабочих мест эта категория подразделяется на типы 3а, 3б, 3в.

общую вибрацию в жилых помещениях и общественных зданиях от внешних источников: городского рельсового транспорта (мелкого залегания и открытые линии метрополитена, трамвай, железнодорожный транспорт) и автотранспорта; промышленных предприятий и передвижных промышленных установок (при эксплуатации гидравлических и механических прессов, поршневых компрессоров, бетономешалок и др.);

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 93 |

общую вибрацию в жилых помещениях и общественных зданиях от внутренних источников: инженерно-технического оборудования зданий и бытовых приборов (лифты, вентиляционные системы, насосные пылесосы, холодильники и т.п.), а также встроенных предприятий коммунально-бытового обслуживания, котельных и т.д.

Вибрации различают также по направлению воздействия, по характеру спектра, частотным и временным характеристикам (СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы»).

Степень и характер воздействия вибрации на организм человека зависят от вида вибрации, ее параметров и направления воздействия.

Наиболее распространены заболевания, вызванные локальной вибрацией. При работе с ручными машинами, вибрация которых наиболее интенсивна в среднечастотной области спектра, возникают в основном заболевания, сопровождающиеся спазмом периферических сосудов. Местная вибрация может вызывать ухудшение кровообращения кистей рук, пальцев, предплечья и сосудов сердца. Это, в свою очередь, понижает чувствительность кожи, вызывает отложение солей, окостенение сухожилий мышц в кистях рук и пальцах. Следствием этого является деформация и снижение подвижности суставов. Так же, как и при общей вибрации, нарушается деятельность сердца и центральной нервной системы. Особенно чувствителен организм к вертикальным вибрациям, когда колебания передаются от ног к голове.

При частоте колебаний тела работающего 38 Гц острота зрения снижается примерно на 25%, при частоте 50-80 Гц нарушается нормальная работа мышц. Вибрация в диапазоне 36-600 Гц может привести к различным заболеваниям рук. При вибрационной болезни появляются головные боли, повышенная утомляемость, боли в суставах и т.д. Женщины более чувствительны к вибрации, чем мужчины.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 94 |

Степень воздействия вибрации на организм работающих зависит как от частоты колебаний, так и от их амплитуды. Например, на частоте 60-70 Гц вибрация с амплитудой до 0,01 мм практически не мешает работать и не ведет к каким-либо патологическим изменениям в организме; колебания с амплитудой от 0,01 до 0,02 мм отвлекают от работы и раздражают; при амплитуде более 0,3 мм создаются невозможные условия для работы.

Нормирование шума и вибрации

Нормирование шума. Учитывая большие технические трудности снижения уровня шума при выполнении производственных процессов, приходится ориентироваться не на уровни шума, вызывающие раздражение и утомление, а на такие допустимые уровни, при которых исключается возможность заболеваний работающих.

Нормируемые параметры шума на рабочих местах определены СН 2.2.442.1.8.562-96. Они являются обязательными для всех министерств, ведомств, проектных организаций и предприятий. Эти нормы устанавливают предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах с учетом напряженности и тяжести трудовой деятельности (табл. 6.1).

Количественную оценку тяжести и напряженности трудового процесса следует проводить в соответствии с Руководством Р 2.2.2006-05.

Мероприятия по защите от шума

Согласно ГОСТ 12.1.003-83 при разработке технологических процессов, проектировании, изготовлении и эксплуатации машин, производственных зданий и сооружений, а также при организации рабочих мест следует принимать все необходимые меры по снижению шума, воздействующего на человека, до значений, не превышающих допустимые.

Защита от шума должна обеспечиваться разработкой шумобезопасной техники, применением средств и методов коллективной защиты, в том

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 95 |

числе строительно-акустических, применением средств индивидуальной защиты.

В первую очередь следует использовать средства коллективной защиты. По отношению к источнику возбуждения шума коллективные средства защиты подразделяются на средства, снижающие шум в источнике его возникновения, и средства, снижающие шум на пути его распространения от источника до защищаемого объекта.

Снижение шума в источнике осуществляется за счет улучшения конструкции машины или изменения технологического процесса. Средства, снижающие шум в источнике его возникновения в зависимости от характера шумообразования подразделяются на средства, снижающие шум механического происхождения, аэродинамического и гидродинамического происхождения, электромагнитного происхождения.

Методы и средства коллективной защиты в зависимости от способа реализации подразделяются на строительно-акустические, архитектурно-планировочные и организационно - технические и включают в себя:

- изменение направленности излучения шума;
- рациональную планировку предприятий и производственных помещений;
- акустическую обработку помещений;
- применение звукоизоляции.

К архитектурно-планировочным решениям также относится создание санитарно-защитных зон вокруг предприятий. По мере увеличения расстояния от источника уровень шума уменьшается. Поэтому создание санитарно-защитной зоны необходимой ширины является наиболее простым способом обеспечения санитарно-гигиенических норм вокруг предприятий.

Выбор ширины санитарно-защитной зоны зависит от установленного оборудования, например, ширина санитарно-защитной зоны вокруг крупных

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| | | | | | | 96 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

ТЭС может составлять несколько километров. Для объектов, находящихся в черте города, создание такой санитарно-защитной зоны порой становится неразрешимой задачей. Сократить ширину санитарно-защитной зоны можно уменьшением шума на путях его распространения.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) применяются в том случае, если другими способами обеспечить допустимый уровень шума на рабочем месте не удастся.

Принцип действия СИЗ – защитить наиболее чувствительный канал воздействия шума на организм человека – ухо. Применение СИЗ позволяет предупредить расстройство не только органов слуха, но и нервной системы от действия чрезмерного раздражителя.

Наиболее эффективны СИЗ, как правило, в области высоких частот.

СИЗ включают в себя противошумные вкладыши (беруши), наушники, шлемы и каски, специальные костюмы.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 97 |

Заключение:

В результате проведенных исследований была изучена система поддержания пластового давления.

Рассмотрены методы ППД, а именно законтурное, приконтурное и внутриконтурное заводнения. Рассмотрены положительные и отрицательные стороны каждого метода.

Проведен сравнительный анализ центробежных насосов отечественного и зарубежного производства, используемых внутри системы поддержания пластового давления.

Были рассмотрены способы, повышающие эффективность ППД и предложены мероприятия для повышения эффективности. К ним относятся:

- Сокращение числа модификаций продукции при сохранении ее высокого качества.
- Модернизация оборудования с целью дальнейшего существенного снижения его материалоемкости
- Новый подход к решению проблемы оптимизации технологических схем. Внедрение технологии закачки плунжерными насосами в зависимости от приемистости скважин
- Фильтрация технологических жидкостей на входе в БКНС. Использование фильтров типа ФГК, сочетающие быстросъемные сетчатые картриджи и гидроциклонную очистку одновременно.

Произведен подбор оборудования на основании данных действующего нефтяного месторождения Западная Катыльга.

Для использования наглядного графического материала, были вычерчен сборочный чертеж, подобранного расчетами насоса, ЦНС-180 1185, а так же принципиальные схемы Блочной Кустовой Насосной Станции и схемы типов заводнений.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | КТПМ-622.276.652:622.807.4(571.16) | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 98 |

Список Литературы

1. Абдурашитов С.А. Насосы и компрессоры. – М.: Недра, 1974. – 296 с.
2. Бухаленко Е.И. Справочник по нефтепромысловому оборудованию - М.: Недра, 1983. – 399 с.
3. Гряנק Л.П., Папира А.Н. Лопастные насосы. – М.: Машиностроение, 1975. – 432 с.
4. Композит-каталог нефтегазового оборудования и услуг, том 1. – М.: Топливо и энергетика, 1993. – 592с.
5. Композит-каталог нефтегазового оборудования и услуг, том 2. – М.: Топливо и энергетика, 1993. – 554с.
6. Композит-каталог нефтегазового оборудования и услуг, том 3. – М.: Топливо и энергетика, 1993. – 648с.
7. Чичеров Л.Г. Нефтепромысловые машины и механизмы – М.: Недра, 1983. – 312 с.
8. Голубев Г.А. и др. Контактные уплотнения вращающихся валов. – М.: Машиностроение, 1976. - 264с.
9. Кондаков А.А., Голубев, А.И., Гордеев В.В. и др. Уплотнения и уплотнительная техника. Справочник. – М.: Машиностроение, 1994. – 448с.
10. Колпаков Л.Г. Насосы нефтеперекачивающих станций. Уплотнения, техническая эксплуатация – Уфа: изд. Уфимск. Нефт. Ин-та, 1983. – 108 с.
11. Патент 1425400 СССР, МПК7 F16J15/34. Торцевое уплотнение / Насыров А.Р.- 1988.

12. Патент 53395 МПК7 F16J15/34. Торцевое уплотнение вращающегося вала

/ Сафронов Игорь Васильевич, Красников Николай Борисович, Цыганов

Алексей Михайлович, Набоких Павел Владимирович, Михайлов Сергей

Николаевич, Галямичева Татьяна Николаевна.- 2006.

13. Чичеров Л.Г., Молчанов Г.В., Рабинович А.М. Расчет и конструирование нефтепромыслового оборудования. – М.: Недра, 1987. – 422 с.

Ссылки на источники

1. [Источник – 1] - <http://www.mining-enc.ru> - Горная Энциклопедия

2. [Источник – 2] - <http://www.hms.ru> - Компания АО «ГИДРОМАШСЕРВИС» - одна из ведущих компаний, специализирующаяся на комплексных поставках насосного, блочного и другого оборудования для нефтегазовой отрасли, водного хозяйства, ЖКХ, тепловой и атомной энергетики, металлургии, химической промышленности и судостроения.

3. [Источник – 3] - <http://oilneft.ru/?p=1048> – Техника, Технология Добычи и Переработки Нефти и Газа

4. [Источник – 4] - <http://neftegaz.ru/science/view/742> - Нефтегазовая Энциклопедия

5. [Источник – 5] - <http://www.oilforum.ru> – Нефтегазовый Форум